

# Bericht zum Lehre<sup>n</sup>-Reisestipendium „Vernetzung mit führenden Gruppen der Hochschuldidaktik der Physik und der MINT-Fächer in den USA“

---

Peter Riegler<sup>1</sup>, Sebastian Wirthgen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultät Informatik, <sup>2</sup>Zentrum für erfolgreiches Lehren und Lernen

Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel

Unsere Reise hat uns zu mehreren führenden Forschungsgruppen der Hochschulfachdidaktik der Physik geführt. Motiviert war unsere Auswahl der Reiseziele u.a. dadurch, dass wir in unseren eigenen Lehrveranstaltungen und in der Begleitung von Lehrenden immer wieder erleben dürfen, dass ein fachbezogener Zugang zu Hochschullehre im Vergleich zu einem allein allgemeindidaktischen Zugang die Reform von Lehre erleichtert. Die Hochschulfachdidaktik der Physik (im Englischen *Physics Education Research* [PER]) ist Vorreiter der fachbezogenen Hochschuldidaktiken (im Englischen *Discipline Based Education Research* [DBER]) nicht nur im MINT-Bereich. Als ausgebildete Physiker haben wir darüber hinaus eine Affinität zu PER.

Unsere Reise war reich an Erfahrungen und Erkenntnissen. Auch heute, vier Wochen nach Ende der Reise, haben wir bei weitem noch nicht alle Eindrücke verarbeiten und ordnen können. Das Folgende ist daher in gewissem Sinne ein „Zwischenbericht“. Würden wir diesen Bericht später schreiben, könnte er in Teilen anders ausfallen, so wie er anders ausgefallen wäre, wenn wir ihn vor vier Wochen geschrieben hätten, als insbesondere aufwühlende Lehrveranstaltungsbeobachtungen noch größtenteils unverarbeitet waren.

Im Folgenden berichten wir von unserer Reise in zwei, weitestgehend unabhängig voneinander lesbaren Strängen. Im ersten Strang folgen wir dem zeitlichen Ablauf und beschränken uns auf eine kurze, zum Teil stichpunktartige Schilderungen wesentlicher Erlebnisse und Wahrnehmungen. Den zweiten Strang gliedern wir nach Themenkomplexen, verarbeiten Erlebnisse und ziehen Schlussfolgerungen.

In den beiden Teilen gehen wir in unterschiedlicher Tiefe auf Erfahrungen und Erkenntnisse ein. Besonders setzen wir eine gewisse Vertrautheit mit PER bzw. DBER und deren Fragestellungen voraus. Wir haben auch im Hinblick auf den Umfang des Berichts auf eine entsprechende Einführung verzichtet, erläutern aber den im zweiten Teil verwendeten Fachjargon kurz in einem Glossar am Ende dieses Berichts. Im Gegensatz zum ersten Teil versuchen wir im zweiten Teil eine weitestgehend in sich abgeschlossene Darstellung, die hoffentlich so gut wie keinen PER-Hintergrund erfordert. In jedem Fall freuen wir uns, wenn uns Leserinnen und Leser uns kontaktieren, um Details zu erfragen oder um sich über unsere Erkenntnisse und Erfahrungen auszutauschen, auch zu den im ersten Teil nur stichpunktartig und im zweiten Teil nicht ausgeführten Aspekten.

## Reiseverlauf

**4.4.2016:** Flug nach Boston, mit langen Gesprächen über David Hammers Verständnis von Fehlkonzept und kognitivem Konflikt und seiner Kritik daran.

**5.4.2016:** Tufts University

Gespräch mit David Hammer über Ziele seiner Physik-Lehrveranstaltung im Ganzen und für den aktuellen Tag und darüber, wie er die bevorstehende Veranstaltung konzipiert und vorbereitet hat. Hospitation der Lehrveranstaltung. Nachbesprechung und Reflexion der Lehrveranstaltung mit David Hammer. Wir bemerken, dass wir implizit erhofft hatten, während der Reise mustergültige und vorbildhafte Lehrveranstaltungen zu hospitulieren, und dass diese Erwartung überzogen ist. Auch nach David Hammers Einschätzung haben wir eine Lehrveranstaltung hospituliert, mit der man als Lehrender nicht zufrieden sein sollte.

Klärung unseres Verständnisses von Fehlkonzept mit dem Konsens, dass wir (David Hammer und die beiden Reisenden) Fehlkonzepte nicht notwendigerweise als kognitive Strukturen verstehen, sondern rein phänomenologisch als musterhafte Ausprägungen von studentischem Verständnis, das teilweise oder ganz im Widerspruch zum Stand der Wissenschaft steht.

Teilnahme am wöchentlichen Treffen der Tufts DBER-Arbeitsgruppe, u. a. zum Thema *Uncertainties of Teaching*.

Erstellen einer Liste von potentiellen *p-prims* von Lehrenden, also von intuitiven, nicht hinterfragten, grundlegenden Vorstellungen von Lehrenden.

**6.4.2016:** Harvard University. Eric Mazur können wir leider nicht sprechen, weil er auf Dienstreise ist.

Gespräch mit Ana Rita Lopes, Postdoc in Mazurs Arbeitsgruppe und *Head-Teaching Assistant* des Kurses *Applied Physics 50* (AP50) von Eric Mazur. Einführung in Ziele und Philosophie von AP50 durch Ana Rita Lopes.

Teilnahme an Planungsbesprechung von Eric Mazurs Arbeitsgruppe zur Vorlesung AP50.

Lesen des von Ana Rita Lopes ausgeliehenen Buchs zu *Team Based Learning*, einer wesentlichen Komponente von AP50. Durcharbeiten der Besuchermaterialien zu AP50.

**7.4.2016:** Hospitation von AP50.

Für uns ein zum Teil schockierendes Erlebnis. Zum einen aufgrund des massiv zu beobachteten *Multitasking* der Studierenden (praktisch durchgängige Nutzung elektronischer Geräte zu nicht kursbezogenen Zwecken wie Einkaufen, Filme schauen). Zum anderen wegen des Einsatzes von forschungsbasierten Lehrinnovationen, wobei nach unserem Empfinden wesentliche Elemente weggelassen wurden.

**8.4.2016:** Nachbesprechung der Hospitation mit Ana Rita Lopes. Diskussion der verschiedenen Kurselemente und unserer Beobachtungen.

**9.4.2016:** Langes Gespräch beim Frühstück mit einem Hotelgast, der sich als Genetik-Professor an der University of Colorado entpuppt und aufgrund der dortigen *Science Education Initiative* seine Lehre verändert hat.

Sightseeing in Boston.

**10.4.2016:** Weiterreise nach College Park zur University of Maryland

**11.4.2016:** University of Maryland

Besuch der Physik-Lehrveranstaltung von Joe Redish, vertreten durch Ben Dreyfus. Joe Redish ist leider schwer erkrankt, so dass wir ihn nicht treffen können. Erstes Erleben von *Interactive Lecture Demonstrations*. Nachbesprechung der Lehrveranstaltung mit Ben Dreyfus.

Wir erfahren, dass es an der University of Maryland ein Begleitforschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der *American Association of Physics Teachers (AAPT)* zu deren *New Faculty Workshop* gibt. Spontanes Treffen mit Alice Ohmstead, die in diesem Projekt mitarbeitet.

Teilnahme am wöchentlichen Seminar der Arbeitsgruppe.

**12.4.2016:** University of Maryland

Gespräch mit Mark Eichenlaub zu Mathematikfachdidaktik und Konzeptinventar, das er mit Joe Redish zu grundlegenden, in der Physik wichtigen mathematischen Fähigkeiten erarbeitet.

Hospitation eines Tutorials.

**13.4.2016:** George Washington University

Hospitation der SCALE UP-Lehrveranstaltung von Gerald Feldman. Nachbesprechung der Hospitation mit Gerald Feldman.

Gespräch über *Sabbatical* von Gerald Feldman in Europa mit potentielltem Teilaufenthalt an der Ostfalia.

**14.4.2016:** University of Maryland

Gespräch und Erfahrungsaustausch mit Chandra Turpen zu *Professional Development* von Lehrenden. Erhalten positives Feedback zu Konzept und Ergebnissen des Profiprogramms der Ostfalia. Chandra Turpen stellt uns *Learning Assistant* Programm vor und empfiehlt uns in Boulder das *Learning Assistant* Programm der University of Colorado genauer anzusehen.

Treffen mit Andy Elby, der in seinen Physik-Lehrveranstaltungen epistemologische und metakognitive Aspekte und das Lernen von Lernen in den Vordergrund stellt. Gespräch über unsere Schwierigkeit, dies auf Lehre außerhalb der Physik zu übertragen. Andy Elby bietet an, dass er Erweiterungsvorschläge zu von uns entwickelten Lehrmaterialien für die Theoretische Informatik bzgl. epistemologischer Aspekte macht.

Gerd Kortemeyer von der Michigan State University (ehemaliger Lehre<sup>n</sup> Lecturer) kommt an die University of Maryland, u. a. wegen des gemeinsamen Besuchs bei der AAPT am nächsten Tag.

**15.4.2016:** University of Maryland

Fortsetzung des Gesprächs mit Chandra Turpen am Vormittag und am Abend.

Besuch der AAPT. Besprechen des weiteren gemeinsamen Vorgehens, um den *New Faculty Workshop* der AAPT nach Deutschland zu holen.

**16.4.2016:** Gerd Kortemeyer führt uns durch Washington, DC, verbunden mit vielen Fachgesprächen.

**17.4.2016:** Weiterreise nach Boulder zur University of Colorado (CU).

**18.4.2016:** University of Colorado

Gespräch mit Steve Pollock zu den Lehrreformaktivitäten an der University of Colorado. Nach seiner Einschätzung ist ein Teil des Reformerfolgs darauf zurückzuführen, dass die Lehrenden durch die Lehrveranstaltungen rotieren und es für sie einfacher ist einen reformierten Kurs zu übernehmen als die Reformen zurückzubauen.

Hospitation der Physik-Lehrveranstaltungen von Steve Pollock und Michael Dubson, jeweils mit Nachbesprechung.

Gespräch mit Laurie Langdon zum *Learning Assistant Program*.

Teilnahme am Tutorentraining der *Learning Assistants* in der Physik.

**19.4.2016:** University of Colorado

Hospitation eines Tutorials in der Physik.

Gespräch und Erfahrungsaustausch mit Stephanie Chasteen zu *Professional Development* von Lehrenden und insbesondere zu Erfolg und *Lessons learned* der *Carl Wieman Science Education Initiative*. Viele Einblicke „hinter die Kulissen“ der *Carl Wieman Science Education Initiative*. Erhalten positives Feedback zu Konzept und Ergebnissen des Profiprogramms der Ostfalia.

Teilnahme am wöchentlichen DBER-Seminar.

Informationsgespräch mit Joel Corbo zu *Professional Development* von Lehrenden durch *Departmental Action Learning Teams* und *Faculty On-line Learning Communities*.

Teilnahme am *Learning Assistant Training*.

**20.4.2016:** University of Colorado

Hospitation der Lehrveranstaltung von Andreas Becker und Noah Finkelstein und Nachbesprechung mit Noah Finkelstein.

Gespräch mit Melissa Dancy zu charakteristischen Schwierigkeiten von Lehrenden bei der Umsetzung reformierter Lehre.

Gespräch mit Ben Shapiro zu *Computer Science Education Research*.

**21.4.2016:** University of Colorado

Hospitation von *Oral Assessments* in der Mathematik.

Vortrag von Peter Riegler im wöchentlichen Seminar der PER-Gruppe.

**22.4.2016:** University of Colorado

Hospitation der Lehrveranstaltung von Noah Finkelstein.

Rückflug nach Deutschland. Beginnen Hausaufgaben zu erledigen und Reise nachzubereiten.

**Seitdem:** Nachbereiten und Reflektieren des Erlebten. Übersetzen der Lehrmaterialien zur Theoretischen Informatik für Andy Elby ins Englische, damit er Erweiterungsvorschläge machen kann. Einladung durch Stephanie Chasteen zu einem virtuellen Treffen einer Arbeitsgruppe der *Association of American Universities* zu *assessing departmental readiness for change* und Teilnahme daran.

## Erkenntnisse und Inspirationen

### Not all interactive engagement is the same

Hintergrund: *Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction* ist der Titel einer Publikation<sup>1</sup> von Chandra Turpen und Noah Finkelstein (beide Autoren haben wir im Rahmen der Reise getroffen). Die Publikation thematisiert die Vielfalt, die sich in der Anwendung der Lehrmethode *Peer Instruction* beobachten lässt und wie diese Vielfalt zu unterschiedlichen Ausprägungen von Normen und Werten in Lehrveranstaltungen beiträgt, selbst wenn Lehrende unter nahezu gleichen strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen arbeiten.

Die Durchführung der Lehrmethode *Peer Instruction* folgt ziemlich stark einem Protokoll. Es ist bekannt, dass bestimmte, dauerhafte Abweichungen von diesem Protokoll mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Unwirksamkeit der Lehrmethode führen. Andererseits erlaubt *Peer Instruction* auch einen Grad an Flexibilität in der Implementierung, so dass sich Lehrende nicht sklavisch an das Protokoll halten müssen und z. B. situationsbedingt davon abweichen können.

Wir selbst wenden seit vielen Jahren *Peer Instruction* in unseren Lehrveranstaltungen an. Zudem führen wir regelmäßig Lehrende in diese Methode ein und unterstützen sie bei der Umsetzung. Dabei haben wir sicherlich eine für uns charakteristische Sichtweise auf *Peer Instruction* entwickelt, aber auch uns wichtige Normen und Werte in unseren Veranstaltungen für Studierende bzw. Lehrende verfolgt und wohl auch geprägt.

Ohne uns dessen zunächst bewusst zu sein, sind wir in die USA mit der Erwartung gereist, dort Implementierungen von *Peer Instruction* zu beobachten, die den von uns entwickelten Sichtweisen entsprechen. Darüber hinaus haben wir wohl sogar erhofft, vorbildhafte Implementierungen von *Peer Instruction* zu beobachten, von denen wir in unserer zukünftigen Arbeit profitieren und zehren können. Beide Erwartungen haben sich nicht erfüllt. Stattdessen durchliefen wir einen Prozess, in dem wir uns zum einen unserer impliziten Erwartungen bewusst wurden. Zum anderen lernten wir besser beobachten und verstehen, wie die Implementierung von *Peer Instruction* Normen und Werte einer Lehrveranstaltung beeinflusst, aber auch davon beeinflusst wird – all das in Übereinstimmung mit der Publikation von Turpen und Finkelstein, die wir zwar vorher kannten, nun aber wohl viel besser verstehen.

Der Höhepunkt in dieser Entwicklung war die Hospitation des Kurses Applied Physics (AP50) an der Harvard University. Dieser Kurs wurde von Eric Mazur, der auch den Begriff *Peer Instruction* geprägt hat, entwickelt. Aufgrund seiner Dienstreise während unseres Besuchs wurde die Veranstaltung von einer Mitarbeiterin gehalten. AP50 ist ein komplexes Kursgebilde, in das gut durchdacht viele Bausteine integriert sind: neben einer Weiterentwicklung von *Peer Instruction* Selbststudiumanteile, formative Assessments, Tutorials, Projektarbeit, Elemente von *Team Based Learning*, Projektarbeit und Reflexionsphasen zusammen mit klar formulierten und kommunizierten Lernzielen.

Für uns unerwartet und auch erschreckend war die durchgehende Nutzung elektronischer Geräte durch Studierende für Zwecke, die in keinem Zusammenhang mit der Lehrveranstaltung stehen (u. a. Chatten, Einkaufen, Terminkalender pflegen, Videos schauen). Wie wir in der Nachbesprechung der Hospitation erfahren haben, wird dieses Verhalten seitens der Lehrenden akzeptiert, denn Harvard

---

<sup>1</sup> Turpen, C., & Finkelstein, N. D. (2009). Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2), 020101.

Studierende erwarten, dass es akzeptiert wird. Es ist also gewissermaßen eine Norm. Für uns wirklich erschreckend war jedoch, dass wir während der *Peer Instruction* Phasen kaum das beobachten konnten, wozu Mazur *Peer Instruction* ursprünglich entwickelt hat: Das gemeinsame Konstruieren wissenschaftlicher Konzepte durch Studierende durch Argumentieren und gegenseitigem Erklären. Stattdessen haben wir eher beobachtet, dass Studierende ihre elektronischen Geräte verwendet haben, um die Antwort auf die *Peer Instruction* Frage oder Hinweise darauf im Internet zu finden. Diskussionen gingen dann nicht um das Verständnis der relevanten Konzepte, sondern um die Relevanz der gefundenen Quellen im Internet für die Fragestellung.

Auch wenn diese Beobachtungen für uns schockierend und völlig unerwartet waren, waren sie im Sinne der Arbeit von Turpen und Finkelstein auch erhellend. Denn womöglich ist das Verhalten der Studierenden nicht ausschließlich durch die Erwartungshaltung der Harvard-Studierenden bedingt, wie uns in der Nachbesprechung gesagt wurde, sondern auch durch die Werte, die der Kurs zu vermitteln versucht. Eine Wertevorstellung des Kurses AP50, die im Syllabus und in den Kursunterlagen deutlich kommuniziert wird, ist, dass Memorisieren von Fakten und Sachverhalten kein Kursziel ist, weil moderne Informationstechnologie ein solches Memorisieren immer weniger erforderlich macht. Das Handeln der Studierenden ist also möglicherweise auch durch diese Wertevorstellung des Kurses mitbedingt und zwar unabhängig davon, ob das von uns während der *Peer Instruction*-Phasen beobachtete Verhalten der Studierenden gewollt ist oder nicht. Umgekehrt haben wir in den weiteren, von uns hospitierten Kursen, die *Peer Instruction* verwendet haben, diesen massiven Gebrauch und Missbrauch elektronischer Geräte nicht beobachtet. In diesen Kursen haben wir aus der Kursbeschreibung und den Gesprächen mit den Lehrenden auch nicht entnehmen können, dass die Verwendung elektronischer Geräte in irgendeinem Zusammenhang mit den Werten dieser Kurse steht.

Insgesamt haben wir eine große Vielfalt an Ausprägungen von *Peer Instruction* beobachten können: Implementierungen, die unseren Vorstellungen recht nahe kamen, aber über deren Wirksamkeit die lehrende Person an diesem Tag unzufrieden war (wir wären es auch gewesen); Implementierungen, bei denen Lehrende bewusst auf einzelne Schritte im *Peer Instruction*-Protokoll verzichtet haben (was keine beobachtbaren Effekte auf die Mitwirkungsbereitschaft der Studierenden hatte, aber in einigen Fällen durchaus wahrnehmbare Konsequenzen hinsichtlich der Wirksamkeit und der etablierten Normen); Implementierungen, bei denen nach unserem Empfinden *Peer Instruction* nicht mehr als ein Ritual war.

### **Learning Assistant-Programm**

Hintergrund: Traditionell werden Lehrende an amerikanischen Hochschulen durch *Teaching Assistants* (TAs) unterstützt. Diese Unterstützung umfasst üblicherweise Bewertungstätigkeiten, das Anleiten von Laborkursen oder das Betreiben von *Helpdesks*. TAs sind *Graduate Students*, verfügen also über einen ersten Studienabschluss.

Seit etwa einem Jahrzehnt etablieren amerikanische Hochschulen zunehmend *Learning Assistant* Programme. Ursprünglich sind diese wohl im MINT-Bereich entstanden und breiten sich derzeit auf weitere Disziplinen aus. *Learning Assistants* (LAs) werden für die gleichen unterstützenden Aufgaben wie TAs eingesetzt. Sie sind im Gegensatz zu TAs *Undergraduate Students*, verfügen also noch über keinen Studienabschluss. Außerdem werden sie im Gegensatz zu TAs parallel zu ihrer Tätigkeit didaktisch ausgebildet.

Die Physikerin und Erziehungswissenschaftlerin Valerie Otero an der University of Colorado ist eine der Vorreiterinnen bezüglich LA-Programme. Sie verfolgt neben dem Ziel, Studierende zur Unter-

stützung interaktiver, universitärer Lehre zu qualifizieren, das Ziel, Studierende für den Beruf des Lehrers an Sekundarschulen zu interessieren und gewinnen. In den amerikanischen Schulen herrscht im MINT-Bereich ein Mangel an qualifizierten Lehrkräften. Gerade in den Naturwissenschaften wird der Unterricht oft von nicht dafür ausgebildeten Personen übernommen. Ein weiteres Ziel der LA-Programme ist die Partnerschaft von Lehrenden und Studierenden in der Lehre zu fördern.

Das LA-Programm der University of Colorado ist ein ausgeklügelter Prozess, der sicherzustellen versucht, dass die Ziele des Programms nicht unterlaufen werden. Lehrende müssen sich für eine Unterstützung ihrer Veranstaltung durch LAs bewerben und darlegen, wie sie die LAs einbinden und betreuen werden. Lehrende, deren Bewerbung um LA-Unterstützung abgelehnt wurde, können sich bei der Hochschulleitung um einen *Chancellor's Award for Excellence in STEM Education* bewerben, um finanzielle Unterstützung und Beratung zu erhalten und ihren Kurs „LA ready“ zu machen.

Zu den Aufgaben der Lehrenden gehört es auch potentielle LAs anzusprechen. Angesprochene Studierende müssen sich dennoch um die Teilnahme am LA-Programm bewerben.

Die Ausbildung der LAs erfolgt parallel zu ihrem Einsatz und verzahnt didaktische Ausbildung, Ausbildung in *pedagogical content knowledge* und Praxis. Die didaktische Ausbildung erfolgt in einem Kurs an der *School of Education*. Die dabei erworbenen Credits können Studierende für ihr Fachstudium einbringen. Die Ausbildung in *pedagogical content knowledge* erfolgt ebenfalls in diesem Kurs und teilweise in der Zusammenarbeit mit den betreuenden Lehrenden. Der Praxiseinsatz erfolgt an den Fakultäten. In der Regel werden Studierende hierfür bezahlt.

Das LA-Programm ist in den etwa zehn Jahren seines Bestehens immens gewachsen. Momentan werden über 300 LAs pro Jahr ausgebildet, die in knapp 50 Kursen zum Einsatz kommen. Das Programm ist sehr gut in einem *Implementation Guide* dokumentiert, so dass es leicht von anderen Hochschulen übernommen werden kann, was offenbar auch verstärkt der Fall ist.

Wir konnten LAs an der University of Maryland, der George Washington University und der University of Colorado im Einsatz sehen. In Boulder konnten wir sowohl an der pädagogischen Ausbildung durch die *School of Education* als auch an einer fachbezogenen Ausbildungskomponente in der Physik teilnehmen. In allen Fällen haben wir gute, bisweilen beeindruckende Lehrunterstützung durch LAs beobachten können. In den Worten von Prof. Feldman von der George Washington University: „Meine LAs sind didaktisch besser ausgebildet als ich.“



Abbildung 1: Von Learning Assistants geleitetes Oral Assessment an der University of Colorado.

Die Existenz des LA-Programms war uns zwar im Vorfeld bekannt, erschien uns aber für unsere eigene Hochschule wenig relevant. Dieses (Vor-)Urteil basierte zum einen auf der Schwierigkeit Studierende als HiWis für Hilfslehrtätigkeiten zu gewinnen. Zum anderen waren wir skeptisch, ob Lehrende die Zeit aufbringen können oder wollen, um sich regelmäßig mit HiWis zusammzusetzen, um sich mit ihnen auszutauschen und sie zu führen, was aus unserer Sicht (und

offenbar auch der Urheber der LA-Programme) für die Wirksamkeit solcher Hilfslehrtätigkeiten unabdingbar ist. Hinzu kommt, dass der zusätzliche Zeitaufwand sich mit Lehrenden zusammensetzen und an einer didaktischen Ausbildung teilzunehmen bei der eher geringen Entlohnung die HiWi-Tätigkeit noch unattraktiver für Studierende macht.

Nach dem Kennenlernen des LA-Programms sehen wir jedoch, dass dieses Programm durchaus auf deutsche Hochschulen übertragbar ist. Dazu wäre es notwendig, dass die Didaktikausbildung der LAs als Wahlpflichtfach angerechnet werden kann. Finanzielle Mittel und Beratung, um Lehrende „LA ready“ zu machen, könnten vermutlich von Hochschuldidaktikeinrichtungen bereitgestellt werden. Die größten Herausforderungen bei der Übertragung sehen wir einerseits im potentiellen Verlust der *pedagogical content knowledge*-Komponente des LA-Programms, denn hochschulfachdidaktische Forschungsergebnisse werden in Deutschland weiterhin kaum aufgenommen. Andererseits muss sichergestellt werden, dass die LA-nutzenden Lehrenden tatsächlich die von ihnen geforderte Zeit aufbringen und auch aufbringen können.

### Departmental Action Teams

Lehrreformen müssen vermutlich auf verschiedenen Ebenen angreifen, um erfolgreich und nachhaltig zu sein. Der Fokus von PER lag ursprünglich auf der Reform einzelner Lehrveranstaltungen. Dazu wurden und werden stoffbezogen charakteristische studentische Schwierigkeiten erforscht, entsprechende Interventionen entwickelt und darauf geachtet, dass die Interventionen von Lehrenden mit vertretbarem Aufwand übernommen werden können. In den letzten Jahren hat sich der Fokus zunehmend in Richtung Veränderungen auf institutioneller Ebene verlagert. Dies ist sicher sinnvoll, denn es sind ja in der Regel nicht Individuen, die Systeme verändern, sondern Teams.

Eines der bekanntesten ersten Projekte ist sicherlich die *Science Education Initiative* (SEI) des Physiknobelpreisträgers Carl Wieman, die er zunächst an der University of Colorado und später auch an der University of British Columbia etabliert hat. SEI stellt Departments im MINT-Bereich Ressourcen zur Verfügung, damit diese Lehrreformen durchführen. Im Vordergrund stehen dabei die Lehrveranstaltungen der Studieneingangsphase.

SEI wird mitunter dafür kritisiert, dass es mit einer recht festen Agenda an die Departments herangetreten ist. Ein aktuelles Projekt an der University of Boulder, das sogenannte *Departmental Action Teams* (DATs) fördert und unterstützt, scheint diese Kritik aufzugreifen. Wie bei SEI ist das Ziel die nachhaltige Verbesserung der MINT-Lehre im *Undergraduate*-Bereich. Der Fokus der DATs liegt jedoch nicht notwendigerweise auf der Reform der Lehre. DATs sind Teams von ca. vier bis acht Departmentmitgliedern, die im Sinne von Aktionsforschung ein Arbeitsthema von breiter Bedeutung für die Lehre identifizieren und an nachhaltiger Veränderung durch das Schaffen neuer Strukturen und an kulturellen Veränderungen innerhalb des Departments arbeiten.

Derzeit gibt es in Boulder solche DATs in sechs MINT-Departments. Arbeitsthemen sind z. B. die Entwicklung gemeinsamer Lernziele für die Studieneingangsphase oder die stärkere Berücksichtigung und Würdigung von Diversität, weil das entsprechende Department v. a. Frauen und farbige Studierende verliert. Bewirkte strukturelle Veränderungen sind im ersten Fall die Schaffung von Curriculumkoordinatorenstellen, im zweiten Fall die Einrichtung eines Komitees, das das Department bzgl. Diversität berät und mit Daten versorgt.

Die DATs werden von einem in der Physik angesiedelten Projekt unterstützt, das den DATs in Lehrreformen und institutionellen Veränderungsprozessen erfahrene Postdocs zur Seite stellt. Diese

Postdocs dienen als Moderatoren und Sekretäre der DATs, indem sie die DATs mit relevanten Daten versorgen, Protokolle erstellen, die DAT-Mitglieder an das Erledigen von abgesprochenen Aufgaben erinnern usw. Die Aufgabe dieser Postdocs ist es auch die Gruppe dabei zu unterstützen, Veränderung als Prozess und nicht als Ereignis (z. B. Erstellung eines Maßnahmenpakets) zu sehen.

Für uns ist das Kennenlernen der DATs Anlass darüber nachzudenken an der Ostfalia den sogenannten Proficlub wieder stärker zu beleben. Der Proficlub war unser Versuch Lehrende bei gemeinsamer Aktionsforschung zu unterstützen, allerdings fakultätsübergreifend und nicht innerhalb einer Fakultät. Im Vergleich mit den DATs sehen wir etliche Punkte, die wir bei einer Neuauflage des Proficlubs berücksichtigen sollten. Insbesondere haben wir erkannt, dass wir uns zu früh aus der Begleitung des Profiprogramms zurückgezogen haben. Die Erfahrungen aus Boulder legen nahe, dass eine begleitende Unterstützung viel längerfristiger, wenn nicht sogar dauerhaft sein muss.

Die bedeutendste Frage ist jedoch, ob und wie es uns gelingen kann, DATs auf Fakultätsebene zu etablieren und zu unterstützen. Zweifelsohne ist die potentielle Wirksamkeit solcher Gruppen gerade im Hinblick auf die Schaffung neuer Strukturen, die Veränderungen nachhaltig bewirken und unterstützen, auf Fakultätsebene wahrscheinlicher als auf einer fakultätsübergreifenden Ebene.

### **New Faculty Workshop & Faculty Online Learning Communities**

Hintergrund: Im Gegensatz zu Deutschland spielen akademische Fachgesellschaften in den USA eine merkbare Rolle in den Bemühungen die Hochschullehre zu reformieren. Die *American Association of Physics Teachers* (AAPT) engagiert sich in Zusammenarbeit mit der *American Physical Society* diesbzgl. seit mehr als 10 Jahren mit dem *New Faculty Workshop*. Dem Vorbild der Physik folgend bieten inzwischen weitere amerikanische Fachgesellschaften solche Veranstaltungen für Neuberufene an.

Der *New Faculty Workshop* wird heute der Mehrzahl der in den USA neuberufenen Physikern besucht. Er gilt als ein wesentlicher Faktor, dass sich forschungsbasierte Lehrinnovationen aus PER an amerikanischen Hochschulen stark verbreitet haben.

Gerd Kortemeyer hat während seines Aufenthalts als Lehre<sup>n</sup> Lecturer an der Ostfalia Hochschule zusammen mit Peter Riegler erste Pläne entwickelt den *New Faculty Workshop* nach Deutschland zu holen.

Der Besuch der AAPT, deren Zentrale sich nahe des Campus der University of Maryland befindet, diente dazu gemeinsam mit Robert Hilborn, *Associate Executive Officer* der AAPT, und Gerd Kortemeyer das weitere Vorgehen im gemeinsamen Anliegen, einen *New Faculty Workshop* in Deutschland etablieren, zu besprechen. Ein gemeinsamer Versuch, die Deutsche Physikalische Gesellschaft für die Ausrichtung eines entsprechenden Workshops in Deutschland zu gewinnen, war leider bereits im Vorfeld der Reise gescheitert. Beim Treffen haben wir Strategien für einen erneuten Versuch besprochen sowie die Alternative, das *International Center for Theoretical Physics* in Triest mit einem anders fokussierten Teilnehmerkreis als Ausrichter zu gewinnen.

An der University of Maryland hatten wir vor dem Besuch der AAPT von einem gemeinsamen Forschungsvorhaben von AAPT, University of Maryland und University of Colorado erfahren, das u. a. Verbesserungsmöglichkeiten des *New Faculty Workshop* zum Gegenstand hat, und uns umfassend über die bisherigen Ergebnisse informieren lassen. Gerade die Verbesserungsmöglichkeiten sind für eine weitere Auflage des Programms außerhalb der USA interessant und können in der Planung berücksichtigt werden.

Eine bereits seit den letzten beiden Durchläufen des *New Faculty Workshop* implementierte Änderung besteht darin, dass den Teilnehmern im Nachgang des Workshops die Teilnahme an sogenannten *Faculty Online Learning Communities* (FOLCs) ermöglicht wird. Diese FOLCs dienen dazu, den Teilnehmern nach dem eigentlichen Workshop ein Austauschforum zu geben und diese bei der Implementierung der Lehrreformen zu begleiten und zu unterstützen. Die FOLCs haben dabei wie die DATs eher den Charakter eines Aktionsforschungsteams.

Die Begleitforschung zu den FOLCs findet in Boulder statt, so dass wir uns wiederum dort umfassend informieren konnten. Wesentlich für ein Funktionieren der FOLCs scheint zum einen zu sein, dass die FOLCs ähnlich zu den DATs ihre Arbeitsthemen selbst bestimmen. Zum anderen ist es auch für die FOLCs wesentlich, dass sie wie die DATs von einem Moderator begleitet werden, der u. a. als Sekretär der Gruppe fungiert.

### PhET

Hintergrund: PhET (ursprünglich Kurzform von Physics Education Tool) ist eine Sammlung interaktiver Simulationen für naturwissenschaftliche und mathematische Inhalte (<http://phet.colorado.edu/>), die an der University of Colorado entwickelt werden.

Simulationsprogramme für die Lehre sind seit Jahrzehnten und mit der zunehmenden Durchdringung von Hochschule und Alltag mit Rechnern auch in zunehmendem Maße verfügbar. Das Angebot ist vielfältig und zunehmend unübersichtlich. Mehrere Aspekte scheinen PhET gegenüber der Masse solcher Angebote auszuzeichnen: Die Simulationen basieren auf Erkenntnissen der fachdidaktischen Forschung und adressieren häufig charakteristische studentische Schwierigkeiten mit den thematisierten Sachverhalten. Sie sind darüber hinaus so konzipiert, dass sie in vielfältiger Weise eingesetzt werden können: Zu den für Simulationen üblichen Einsatzmöglichkeiten als virtuelles Labor, zur Visualisierung oder für Vorlesungsdemonstrationen kommt die Verwendung in aktivierenden Lehrmethoden (z.B. als Grundlage für *Peer Instruction* Fragen), als Instrument zum Testen von Hypothesen oder schlichtweg als Werkzeug (wie z.B. in der unten geschilderten Episode).

PhETs standen ursprünglich nicht auf unserer Interessenliste. Dies hat sich schrittweise geändert, nachdem wir ihren Einsatz als *Interactive Lecture Demonstrations* an der University of Maryland erlebt haben und vor allem nach dem Erleben der folgenden Episode in einem Tutorial an dieser Universität: In einer Gruppe Studierender kam eine nicht mit dem Tutorial im direkten Zusammenhang stehende Fachfrage auf, die die Gruppe kontrovers diskutiert hat ohne zu einem Konsens zu kommen. Einer der Studierenden schlug schließlich vor, zur Klärung eine in einer früheren Vorlesung verwendete PhET Simulation zu nutzen, die im Zusammenhang mit der diskutierten Frage steht. Er schaltete daraufhin den Rechner an und suchte die entsprechende Simulation im Internet. In den folgenden Minuten verwendete die Gruppe diese Simulation als Werkzeug um die Kontroverse und einige weitere aufkommende Fragen erfolgreich und ohne Unterstützung von außen zu klären. Danach hat die Gruppe sich wieder den Aufgabestellungen des Tutorials zugewandt.

Unsere Beschäftigung mit PhET hat übrigens schnell Früchte getragen, wenn auch nicht im dienstlichen, sondern im privaten Bereich. Die chemieinteressierte Tochter eines der beiden Reisenden hat sich schnell zum Fan von PhET Simulationen entwickelt. Sie hat sich damit zwischenzeitlich einige chemische Konzepte selbst erarbeitet.

## Team Based Learning

Hintergrund: *Team Based Learning* (TBL) ist eine der zentralen Bausteine von Mazurs *Applied Physics* Kurs (AP50). Die wesentlichen Elemente von TBL sind:

1. Gruppen: Gruppen müssen gezielt divers geformt werden.
2. Verantwortung und Rechenschaftspflicht: Studierende müssen verantwortlich und rechenschaftspflichtig für individuelle Arbeit und Arbeit in der Gruppe gemacht werden.
3. Feedback: Studierende müssen häufiges und zeitnahes Feedback erhalten.
4. Design von Aufgaben: Aufgaben müssen Lernen und Gruppenentwicklung unterstützen.

Im Zeitablauf besteht TBL aus einer Abfolge von Selbststudium, formativen Assessments, die erst individuell und dann in der Gruppe bearbeitet werden, und schließlich Gruppenaufgaben. Bei den Gruppenaufgaben bearbeiten in der Regel alle Gruppen die identische Aufgabe. Die Aufgabenstellung sollte in der Regel darin bestehen eine Entscheidung zu treffen. Zusätzlich gibt es zwei- bis dreimal im Semester eine *Peer Assessment and Evaluation*, in denen die Gruppenmitglieder sich gegenseitig Feedback geben und u. U. auch bewerten sollen.

Einige Elemente von TBL waren uns im Vorfeld bekannt, auch deshalb, weil sie elementare Bestandteile anderer Lehrszenarien sind. Aufgrund der Komplexität von AP50 mit einer Integration von TBL, *Peer Instruction*, Tutorials und anderer Lehrkonzepte und der Tatsache, dass TBL-Elemente am Tag unserer Hospitation nicht Bestandteil der Lehrveranstaltung waren, bot uns die Hospitation von AP50 bzgl. TBL leider wenig Anschauungsmaterial. Die Hospitation von AP50 hat uns aber veranlasst, uns an den Abenden während des Aufenthalts in Boston und im Nachfeld intensiver mit TBL auseinanderzusetzen, u. a. deshalb, weil die Kombination der TBL-Elemente zu einem Ganzen einen didaktischen Mehrwert zu schaffen scheint, der über den der einzelnen Elemente hinausgeht.

Für uns ungewohnt ist, dass formative Assessments während der Kontaktzeit der TBL-Lehrveranstaltung stattfinden und wohl auch stattfinden müssen, denn die Kombination von individuellem Assessment mit nachfolgendem Gruppen-Assessment mit denselben Aufgaben erfordert, dass beide Teile hintereinander stattfinden. Zudem sind die Gruppen-Assessments bei TBL eine wesentliche Komponente hinsichtlich studentischer Verantwortung und Rechenschaftspflicht. Ein Auslagern aus der Kontaktzeit würde die Kontrollmöglichkeit von Lehrenden diesbzgl. einschränken. Aufgrund dieser Gesichtspunkte kann es also lohnend sein formative Assessments in die Kontaktzeit zu integrieren, insbesondere wenn Verantwortung und Rechenschaftspflicht der Studierenden für ihren Lernprozess stärker betont und explizit gemacht werden sollen.

TBL scheint gerade im Hinblick auf die Integration von Projektphasen in die Lehrveranstaltung gute Designrichtlinien zu bieten. In der TBL-Literatur werden überzeugende Argumente u. a. dafür genannt, dass alle Projektgruppen dieselbe Aufgabenstellung bearbeiten sollten (sonst haben die Projektergebnisse einer Gruppe keine Bedeutung für die anderen Gruppen) und dass Aufgabenstellungen Entscheidungsaufgaben sein sollten (über Entscheidungen kann innerhalb der Gruppen und später zwischen den Gruppen wissenschaftlich debattiert werden).

## SCALE UP

Hintergrund: SCALE UP (*Student Centered Active Learning Environment for Undergraduate Preparation*) ist ein Lehrformat, das u. a. eine besondere und Gruppenarbeit unterstützende Raumgestaltung nutzt. Dieses Format wird zunehmend eingesetzt, an der George Washington University inzwischen in allen naturwissenschaftlichen Grundlagenvorlesungen. Auf Initiative reformorientierter Lehrender (darunter P. Riegler) wird die Fakultät Informatik der Ostfalia Hochschule zum Wintersemester 2016/2017 einen Hörsaal in einen SCALE-UP-Raum

umbauen. Die Hospitation einer SCALE UP Veranstaltung diene dazu authentische Einblicke (jenseits von Publikationen) zu bekommen und an Lehrende der Ostfalia weiterzugeben.

Reformierte Lehrveranstaltungsformate live zu erleben hat offensichtliche Vorteile gegenüber einer alleinigen Beschäftigung mit solchen Formaten anhand einschlägiger Literatur. Eine Veranstaltungshospitation ermöglicht erfolgskritisches Lehrendenhandeln zu erleben, hilfreiche Tricks kennenzulernen und vieles mehr. Dies hat uns der Besuch einer Lehrveranstaltung in einer SCALE UP Umgebung an der George Washington University ermöglicht.



Abbildung 2: Panoramaaufnahme eines SCALE UP Raums an der George Washington University.

Die Lehrveranstaltung selbst war nach einem recht einfachen Muster strukturiert: Eine sich ständig wiederholende Abfolge von Fragestellungen, die in Gruppen bearbeitet werden, und anschließender Mini-Vorlesung durch den Dozenten. Die Fragestellungen waren mehrheitlich konzeptueller Natur. Die eigentliche Stoffvermittlung bzw. Erstvermittlung des Stoffs erfolgte durch Selbststudium eines Lehrbuchs, wie in *Flipped Classroom* Szenarien üblich.

Die Aufmerksamkeit und das Engagement der Studierenden, soweit anhand von Körperhaltung, Gesichtsausdruck etc. beurteilbar, war hoch, natürlich besonders in den Gruppenarbeitsphasen. Das hat unsere Erwartung bestätigt, denn SCALE UP-Räumen wird nachgesagt, dass sie den Raum als „dritten Pädagogen“ nutzen – nach dem eigentlichen Lehrenden als „ersten Pädagogen“ und den Mitstudierenden als „zweiten Pädagogen“.

Für uns unerwartet war, dass der Dozent während der ganzen Veranstaltung durch einen TA und zwei LAs unterstützt wurde. Wir hatten erwartet, dass der Dozent die Veranstaltung alleine bestreitet. Die LAs und TAs leisten natürlich hilfreiche Unterstützung. Wie der Dozent gehen sie von Tisch zu Tisch, hören den Diskussionen zu, stellen Fragen und stehen als „sokratischer Begleiter“ zur Verfügung, wenn sie zur Hilfe gebeten werden. Bei ca. 70 Teilnehmern und insgesamt vier betreuenden Personen ist die Gefahr gering, dass eine um Unterstützung bittende Gruppe diese nicht bekommt. Ohne die Unterstützung von TAs/LAs würde dieses Risiko recht häufig eintreten.

Die Sinnhaftigkeit und auch Notwendigkeit einer dauerhaften Unterstützung durch TAs/LAs in Lehrveranstaltungen ist für uns eine wesentliche Erkenntnis, die wir von der George Washington University mitnehmen. Auf deutsche Verhältnisse übertragen ist dies eine lohnende Alternative zum Einsatz von studentischen Hilfskräften für das Abhalten von zusätzlichen extracurricularen Tutorien (im deutschen Sinne des Wortes) und zwar auch in herkömmlichen Räumen. In Boulder haben wir einen entsprechenden Einsatz von TAs/LAs in traditionell ausgestatteten Hörsälen erlebt.

In Boulder haben wir zudem ungeplant eine weitere Lehrveranstaltung hospitiert, die sehr gut in das SCALE UP-Schema passt. Dort werden in der angewandten Mathematik im Rahmen des LA-

Programms *Oral Assessments* genannte Übungsgruppen angeboten, die von einem TA und drei LAs geleitet werden. *Oral Assessments* sind eine Kombination aus Übungsgruppen und dem Geschehen in mündlichen Prüfungen. TA und LAs zirkulieren durch den Raum, helfen in Gruppen arbeitenden Studierenden bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben und stellen von Zeit zu Zeit den Gruppen Fragen, wie sie auch in einer mündlichen Prüfung gestellt werden würden.

Diese *Oral Assessments* finden in einem Aufenthaltsraum eines Studentenwohnheims statt (siehe Abbildung 1). Die vorhanden Sessel und Couchtische werden zu Sitzgruppen zusammengestellt und jede Gruppe mit einem fahrbaren Whiteboard ausgestattet. So entsteht ohne viel Aufwand eine SCALE UP-Umgebung.

In Boulder hat uns Melissa Dancy bzgl. SCALE UP interessante Gedanken mit auf dem Weg gegeben: Der Erfolg von Reformbemühungen in der Lehre hängt auch davon ab, wie unterstützend die Umgebung ist. Die Umgebung umfasst neben Fakultät, Hochschulleitung, Anreizsystemen etc. auch die räumliche Umgebung. Selbst Lehrende, die nichts anderes als Frontalveranstaltungen kennen, werden in einem SCALE UP-Raum kaum reine Frontalveranstaltungen geben können, weil die räumliche Umgebung zu Gruppenaktivitäten einlädt. Die Gestaltung von Hörsälen ist also ein potentieller Reformmotor.

Was wir in den SCALE UP Veranstaltungen beobachteten konnten, hat uns begeistert. Das trifft insbesondere die Gruppenarbeitsphasen zu, in denen Studierende Fragestellungen intensiv diskutiert und bearbeitet haben – immer unter Zuhilfenahme der vielen zur Verfügung stehenden Whiteboards an den Wänden und auf den Tischen.

Wohltuend war für uns der Kontrast zu unseren Beobachtungen in Harvard. Zwar hat auch an der George Washington University die Mehrzahl der Studierenden elektronische Geräte für vorlesungsfremde Zwecke verwendet. Dies geschah aber fast ausschließlich dann, wenn Gruppen während der Aktivitätsphasen schneller fertig waren. Studierende haben dann die Wartezeit bis zur Beendigung der Aktivität durch den Dozenten an ihren elektronischen Geräten „überbrückt“.

Melissa Dancy hat beklagt, dass es an ihrer Fakultät noch keinen SCALE UP Raum gibt und dass in den vorhandenen Hörsälen keine Veränderungen möglich sind, weil sogar die Stühle am Boden festgeschraubt sind. Ironischerweise haben wir bei der Planung des SCALE-UP Raums der Ostfalia darauf bestanden, dass die Tische festgeschraubt werden, damit Dozenten den Raum nicht zu einem traditionellen Hörsaal zurückbauen können.



Abbildung 3: Hörsaal an der University of Colorado mit festgeschraubten Stühlen.

## Fazit

Unsere Reise war lehrreich und voller intensiver Erfahrungen. Wir konnten viele unserer Fragen und Anliegen klären und sind auf neue Fragestellungen gestoßen, die uns wohl noch eine Weile beschäftigen werden.

Bzgl. des von uns erhofften Ertrags für unsere Heimathochschule bzw. für eigene Lehrveranstaltungen haben sich unsere Erwartungen fast vollständig erfüllt:

- Wir haben wertvolle Einblicke aus erster Hand in Reformprojekte auf Department-Ebene bekommen und darauf aufbauend ein besseres Verständnis der Faktoren, die zum Misslingen von Lehrveranstaltungsreformen führen. *Departmental Action Teams* sind für uns ein Modell für unsere zukünftige Arbeit, um Lehrreformen nicht nur bei einzelnen Lehrenden, sondern bei Gruppen von Lehrenden zu bewirken.
- Wir konnten Kontakte zu gleichgesinnten Wissenschaftlern und Praktikern herstellen, die im Fall der Unterstützung durch Andy Elby bereits Früchte tragen.
- Hinsichtlich der bei uns bevorstehenden Einführung von SCALE UP haben wir durch die Hospitationen wertvolles Anschauungsmaterial und Implementierungshinweise erhalten.
- Einzig bei der Gewinnung von Gastprofessoren, die bei der Umsetzung von Lehrreformen helfen, haben wir nur geringe Fortschritte erzielt.

Hinzu kommen Dinge, die wir im Vorfeld nicht geplant haben. Allen voran ist hier die lohnende Auseinandersetzung mit dem *Learning Assistant* Programmen an einigen der besuchten Universitäten und der Einsatz von *Learning Assistants* in der Lehre zu nennen. Wir denken darüber nach, wie wir etwas Vergleichbares an unserer Hochschule etablieren können, entweder zunächst auf Fakultätsebene oder gleich auf Hochschulebene.

Hochschulübergreifend wird unser Vorhaben, gemeinsam mit der AAPT den *New Faculty Workshop* nach Deutschland oder Europa zu holen eine herausfordernde, aber auch lohnende Arbeit bleiben. Ansonsten sind wir zuversichtlich, dass unsere Erfahrungen und Erkenntnisse ihren Weg in die hochschulübergreifenden Netzwerke, denen wir angehören, finden werden. Denn „wenn einer eine Reise tut, dann kann er was erzählen“ und wird auch danach gefragt.

Unser Dank gilt allen voran der Alfred Toepfer Stiftung F.V.S., die nicht nur diese Reise ermöglicht hat, sondern von deren Engagement für Lehre<sup>n</sup> wir als Einzelpersonen und an unserer Hochschule seit mehreren Jahren profitieren. Unser Dank gilt auch allen Kolleginnen und Kollegen an unserer Hochschule und in unseren Netzwerken, die uns bei Planung und Vorbereitung der Reise unterstützt haben, und unseren Gastgebern und Gesprächspartnern in den USA für die Zeit, die sie uns geschenkt, und die Einblicke und Erkenntnisse, die sie uns ermöglicht haben.

## Glossar

*DBER/Discipline Based Education Research*: Sammelbegriff für Hochschulfachdidaktiken, wie z. B. *Physics Education Research*.

*Interactive Lecture Demonstrations*: Eine maßgeblich an der University of Maryland entwickelte Lehrmethode, bei der Studierende das Ergebnis eines Experiments voraussagen, bevor es tatsächlich oder per Simulation ausgeführt wird.

*Pedagogical Content Knowledge*: Der Begriff wurde geprägt, um darauf hinzuweisen, dass Fachwissen (*Content Knowledge*) und didaktisches Wissen (*Pedagogical Knowledge*) nicht zwei unabhängig voneinander zu betrachtende und zu vermittelnde Fähigkeiten von Lehrenden sind, sondern durch *Pedagogical Content Knowledge* miteinander verbunden und voneinander abhängig sind. *Pedagogical Content Knowledge* umfasst u. a. das Wissen darüber, welche Fachkonzepte schwierig sind, warum sie schwierig sind und welche Lehrmethoden das Aneignen dieser Fachkonzepte begünstigen.

*Peer Instruction*: Eine ursprünglich von Eric Mazur an der Harvard University entwickelte Lehrmethode, bei der Studierende Konzeptfragen in einer Sequenz aus *Think-Pair-Share* beantworten, häufig um Studierenden zu helfen Fehlvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten weiterzuentwickeln. In der *Think*-Phase beantworten Studierende die Konzeptfrage zunächst individuell. In der *Pair*-Phase bzw. Diskussionsphase versuchen sie mit Studierenden, die anders geantwortet haben zu einem Konsens zu kommen. In der *Share*-Phase diskutieren Lehrende die Konzeptfrage abschließend mit allen Studierenden im Plenum.

*PER/Physics Education Research*: Hochschulfachdidaktik der Physik. PER ist an amerikanischen Universitäten inzwischen ein etablierter Forschungszweig, vergleichbar zu anderen gegenwärtigen Forschungszweigen der Physik (wie z. B. Hochenergiephysik, Quantenoptik, Festkörperphysik)

*Tutorial*: Im Gegensatz zu Deutschland (extracurriculare Lehrveranstaltung, die von Studierenden geleitet wird) sind Tutorial im Kontext der Physik an amerikanischen Hochschulen Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in kleinen Gruppen und mit speziell entwickelten Lehrmaterialien sich Inhalte selbst erarbeiten. Dabei werden sie von (häufig studentischen, aber dafür ausgebildeten) Tutoren begleitet.