

06/2017

# DIDAKTIK- NACHRICHTEN



DiZ – Zentrum für  
Hochschuldidaktik

## Aktivierung in heterogenen Gruppen: Was MINT-Lehre bewirken kann.

### Teil 1: **Aktivierende und konzeptorientierte Lehrmethoden**

Wie werden Just-in-Time-Teaching (JiTT), Peer Instruction (PI) und spezielle Tutorials in Lehrveranstaltungen der Physik an der Hochschule Rosenheim umgesetzt und wie nehmen die Studierenden dieses Lehrkonzept wahr?

### Teil 2: **Die Heterogenität der Studienanfänger in den Ingenieurstudiengängen: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“**

Welcher Zusammenhang besteht zwischen unterschiedlichen Studienzugangsberechtigungen und dem Umfang schulischen Physikunterrichts einerseits und dem Mechanik-Vorwissen andererseits?

### Teil 3: **Lernzuwachs in Mechanik: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“**

Wie wirken sich Unterschiede in Lehrmethoden, Hochschulzugangsberechtigung und im Vorwissen auf den Lernzuwachs der Studienanfänger aus?

[www.diz-bayern.de](http://www.diz-bayern.de)



## Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dieser DiNa legen wir Ihnen aus meiner Sicht etwas Besonderes vor: Sie finden hier Berichte und Forschungsergebnisse von drei KollegInnen der Hochschule Rosenheim, Prof. Dr. Elmar Junker, Prof. Dr. Claudia Schäfle und Prof. Dr. Silke Stanzel, die die eigene Lehrveranstaltung zum Gegenstand haben. Sie bringen den Nachweis, dass bestimmte interaktive Lehr-/Lernformen zu mehr Lernerfolg bezüglich eines konzeptionellen Verständnisses bei den Studierenden führen als herkömmliche Lehrveranstaltungen. Sie zeigen außerdem, dass nicht nur schwächere Studierende gefördert werden, sondern auch die guten von interaktiven Lehr-/Lernformen mehr profitieren.

In den USA ist die Forschung an der eigenen Lehre ein übliches Vorgehen. Viele Universitäten haben zu diesem Zweck an den Zentren für Lehre entsprechende Forschungseinrichtungen angegliedert. Die Fachgesellschaften für Physik und andere Naturwissenschaften fördern diese Art der Forschung entsprechend.

Für mich von entscheidender Wichtigkeit ist die Tatsache, dass Kollegen die eigene Lehre als Gegenstand ihrer wissenschaftlichen Forschung begreifen. Dafür gibt es auch ein – zugegeben, etwas sperriges – Fachwort, es lautet „Scholarship of Teaching and Learning“, kurz „SoTL“. Dafür Anreize zu setzen, ist uns am DiZ ein wichtiges Anliegen, und wir werden solche Vorhaben ab dem nächsten Wintersemester aktiv unterstützen.

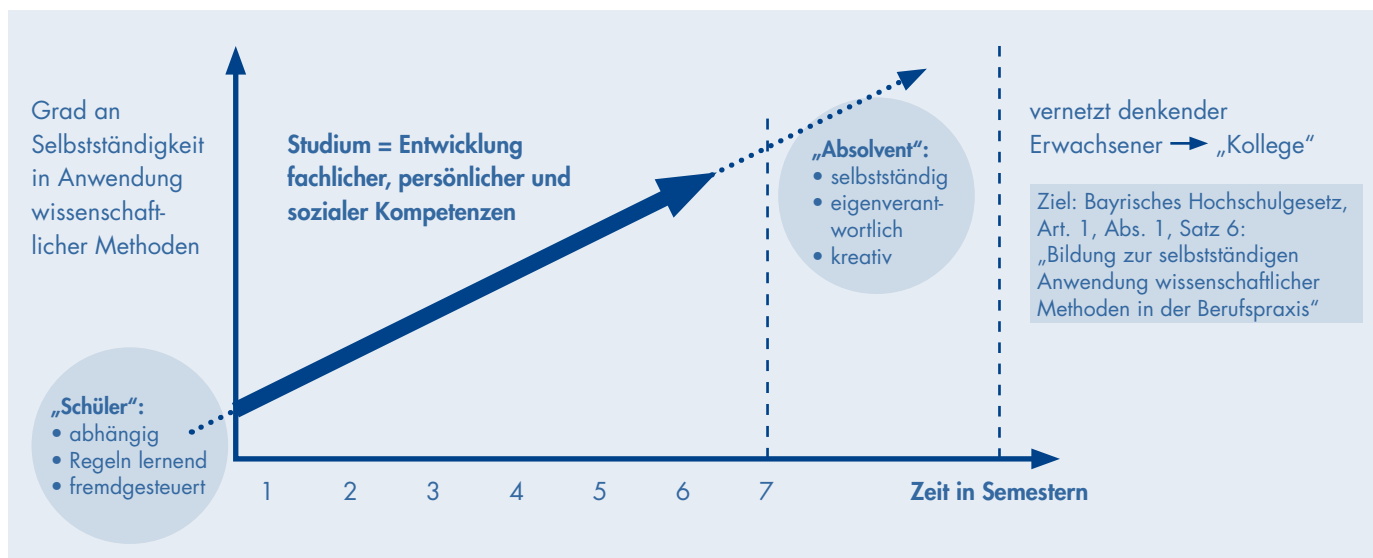
Nahezu zeitgleich mit der Untersuchung unserer Rosenheimer KollegInnen ist eine Studie von zwei Trierer Psychologen<sup>1</sup> erschienen (vgl. DiZ-Info 109), in der ganz allgemein über eine Analyse von Metastudien die Erfolgsp Parameter akademischer Lehre herausgearbeitet werden – das entspricht vielleicht etwa dem, was Hattie für die Schulwelt erarbeitet hat. Auch hier ist ein wesentliches Ergebnis, dass soziale Interaktivität in der Lehre an der Hochschule den Lernerfolg befördert. Im angeleiteten Miteinander-Durchdenken und Darüber-Disputieren, einer uralten Fähigkeit der Menschen, liegt wohl der Erfolg. Und, wie es hier in dieser DiNa beschrieben wird: Das geht sehr gut auch in Gruppengrößen, wie sie an Hochschulen für angewandte Wissenschaften üblich sind.

Viel Freude beim Lesen!  
Ihr

Franz Waldherr

<sup>1</sup> Schneider, M., & Preckel, F. (2017). Variables Associated with Achievement in Higher Education: A Systematic Review of Meta-Analyses. *Psychological Bulletin*, 143, 565–600. doi: 10.1037/bul0000098





**Abb. 2: Der Begriff „Bildung“ bezieht sich auf eine Formung, eine Entwicklung des Menschen. Die Entwicklung unserer Studierenden vom „abhängigen Schüler“ zum „vernetzten denkenden Erwachsenen“ ist ein Prozess, der Zeit benötigt [Schäfle et al. 2014].**

Interaktionsebene zu ermöglichen [DiZ 2016]. Strebt man eine solche Lernhaltung an, müssen jedoch veränderte, situationsübergreifende Ziele und Pläne vorausgehen. Das heißt, dass Kompetenzentwicklung auch ein verändertes Zielsystem der Studierenden erfordert (vgl. [Erpenbeck et al. 2015]), mit dem u. a. vorzeitigen Studienabbrüchen in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen entgegen gewirkt werden soll oder mit dem ein Studiengangwechsel in ein besser geeignetes Fach frühzeitig ange-triggerter werden kann. Die von den Autoren in den Projekten hauptsächlich verwendeten Lehrmethoden sind Just-in-Time-Teaching (JiTT), Peer Instruction (PI) und spezielle Tutorials.

Folgende didaktische Hauptaspekte werden durch diesen Methodenmix in den Vordergrund gestellt, wie er in Teil 1 dieser DiNa und in [Junker et al. 2016] beschrieben ist:

- Die Studentinnen und Studenten erscheinen bei der Nutzung von JiTT vorbereitet im Unterricht. Auch wenn sie einiges noch nicht verstanden haben, so können sie doch den Ausführungen des Dozenten besser folgen, haben Vorwissen zum ‚Andocken‘ und erhalten auf ihre bereits vor der Lehrveranstaltung eingereichte Frage individuelle Antworten von den Dozenten.
- Die Dozenten erhalten Feedback, welche Teile des Lern-textes verstanden bzw. nicht verstanden wurden, und können ihren Unterricht darauf ausrichten.
- Das Konzeptverständnis der Physik steht meist im Vordergrund.

- Die Aktivierung der Studierenden durch Peer-Instruction-Fragen und entsprechend zugeschnittene Übungsaufgaben unterstützt sowohl das Einüben der wissenschaftlichen Fachsprache als auch das Herangehensweise im Problemlöseprozess durch das Formulieren von spezifischen Fragen.

Im Teil 2 dieser DiNa wird mit Hilfe eines standardisier-ten Mechanik-Konzepttests das entsprechende Vorwissen der Erstsemester in den Ingenieurstudiengängen an der Hochschule Rosenheim untersucht und mit einer Studie aus dem Jahr 2001 (FH Esslingen und Mannheim, Universität Würzburg) verglichen. Dabei wird auch auf die Zusam-mensetzung der Semestergruppen hinsichtlich der Art der Hochschulzugangsberechtigung und des Umfangs an Phy-sikunterricht eingegangen.

Der Messung des Lernzuwachses ist der Teil 3 dieser DiNa gewidmet: Wie entwickelt sich der Lernzuwachs der Studie-renden in den ersten beiden Semestern? Gibt es Zusammen-hänge zwischen dem individuellen Lernzuwachs und den für die Studierenden verfügbaren Vorkenntnissen? Und wie können mögliche Zusammenhänge interpretiert werden?

Teil 1:

# Aktivierende und konzeptorientierte Lehrmethoden

Claudia Schäfle  
Silke Stanzel  
Elmar Junker  
Manuela Zimmermann

**Wie werden Just-in-Time-Teaching (JiTT), Peer Instruction (PI) und spezielle Tutorials in Lehrveranstaltungen der Physik an der Hochschule Rosenheim umgesetzt und wie nehmen die Studierenden dieses Lehrkonzept wahr?**

Jeder und jede Lehrende an der Hochschule stellt sich vermutlich früher oder später die Frage, wie er oder sie die Studierenden dazu motivieren kann, bereits ab der ersten Semesterwoche kontinuierlich mitzuarbeiten und die Selbstlernzeiten sinnvoll zu nutzen, um nicht erst kurz vor oder in den Prüfungen festzustellen, was nicht verstanden ist. Dazu kommt der Wunsch, dass alle Studierenden unabhängig von ihrer Lernbiographie vom Unterricht jeweils maximal profitieren, indem sie bestenfalls schon vorbereitet in die Lehrveranstaltung kommen und sich mit ihren Fragen aktiv einbringen. Mögliche Antworten auf diese Fragen und Wünsche können die Lehrmethoden Just-in-Time-Teaching, Peer Instruction und spezielle Tutorials bieten.

Im vorliegenden Artikel wird ein Überblick über das didaktische Konzept gegeben, das die drei genannten Lehrmethoden beinhaltet. Damit wurden in der Physikausbildung in Ingenieurstudiengängen an der Hochschule Rosenheim sehr gute Erfahrungen gemacht. Die Wirkungen der Lehrmethoden werden durch Erfahrungen der Dozenten beschrieben, aufwändig ausgewertete Lehrevaluationen stellen die Studierendensicht dar und das Aufwand/Nutzen-Verhältnis der beschriebenen Methoden wird diskutiert.

## 1. Ausrichtung der Lehre in Ingenieurstudiengängen

In technischen Studiengängen treffen in den ersten Hochschulsesemestern hohe Anforderungen an abstraktes Denken und Konzeptverständnis auf Studierende, die sich in einer Übergangs- und Selbstfindungsphase befinden. Die Dozenten begleiten sie dabei in der Entwicklungsphase vom Schüler zum Ingenieur, d.h. von jemandem, der nur mit erlernten Regeln arbeitet hin zu einem selbstständig und vernetzt denkenden Menschen, der komplexe Probleme lösen kann. Dieses Spannungsfeld wird für die Lehrenden verstärkt durch die sehr große Heterogenität sowohl in der physikalisch-mathematischen Vorqualifikation der Studierenden als auch hinsichtlich ihrer Kompetenz, selbstorganisiert zu lernen. Die Spanne reicht vom Einser-Abiturienten bis zum beruflich qualifizierten Techniker (die quantitative Zusammensetzung unserer Studierenden findet sich ausführlicher in Teil 2 dieser DiNa). Hinzu kommt, dass viele Studierende, insbesondere solche, die aus der Praxis kommen, erst noch daran herangeführt werden müssen, was „Studieren“ eigentlich bedeutet.

Als kollegiales Lehrteam, das in einer Gruppe von acht Physikprofessorinnen und -professoren die gesamte Grundlagenausbildung in Physik für die Ingenieurfächer der Hochschule Rosenheim verantwortet, haben wir mit unserem didaktischen Konzept das Ziel, dass

- die Lehrveranstaltung selbst für jeden einzelnen Studierenden einen möglichst hohen Lerneffekt bringt,
- die Studierenden zu kontinuierlichem Arbeiten das ganze Semester hindurch angeregt werden,
- sie von Anfang an lernen, sich eigenständig Wissen aus Büchern anzueignen und weiterführende Fragen zu stellen,

- die fachliche Diskussion unter Peers selbstverständlich wird,
- intuitive Konzepte überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

## 2. Didaktisches Konzept

### 2.1 Übersicht

Durch eine Mischung aus den drei o.g. verschiedenen, für unsere Studierenden angepassten Lehrmethoden, deren Wirksamkeit in den USA wissenschaftlich belegt wurde, in Kombination mit bewährten Angeboten wie Praktika, Demonstrationsexperimenten und Übungen, können wir unserer Meinung nach den genannten Zielen näher kommen als mit traditioneller Lehre. Dies überprüfen wir kontinuierlich zum einen mit umfangreichen quantitativ und qualitativ

ausgewerteten Lehrevaluationen sowie mit einem standardisierten Mechanik-Konzepttest (Force Concept Inventory [Hestenes et al. 1992]). Diesen Mechaniktest führen wir in beinahe allen Physiklehrveranstaltungen der Hochschule am Anfang und Ende des Studienjahres durch, um das **Vorwissen** (Teil 2 dieser DiNa) und den Einfluss der Lehrmethode auf den **Lernzuwachs** (Teil 3 dieser DiNa) zu untersuchen.

Wir wenden die didaktischen Methoden Just-in-Time-Teaching (JiTT) [Novak et al. 1999], [Riegler 2010], Peer Instruction (PI) [Mazur 1997] und spezielle Tutorials [McDermott et al. 1991], [McDermott et al. 2009] an. Wir haben mit diesen Methoden in unseren Physik-Lehrveranstaltungen im Rahmen des Projektes HD MINT [HD MINT 2011] sehr gute Erfahrungen machen können (siehe auch [Junker et al. 2016]), und sie dabei für unsere Studenten und unseren individuellen Lehrstil weiter entwickelt und angepasst. Wir sehen sie eingebettet in das in Abb. 1 dargestellte Lehr-

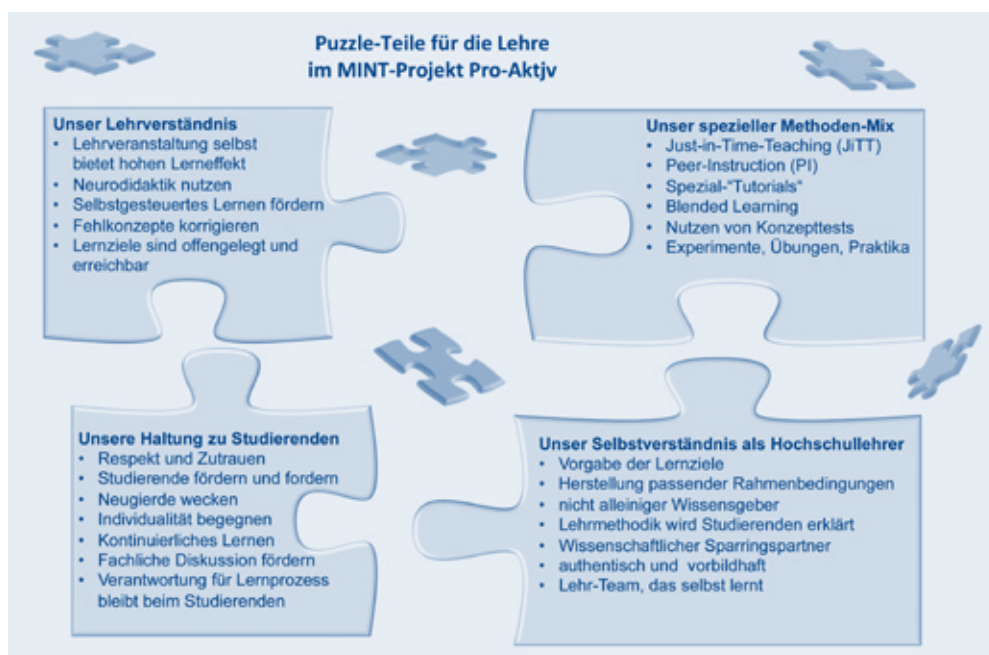


Abb. 1: Elemente des Lehrkonzepts

konzept, das wir in unserem Folgeprojekt Pro-Aktiv [Pro-Aktiv 2016] weiterführen. In fast natürlicher Weise bilden dabei die digitale Lehre und die Präsenzlehre eine Einheit.

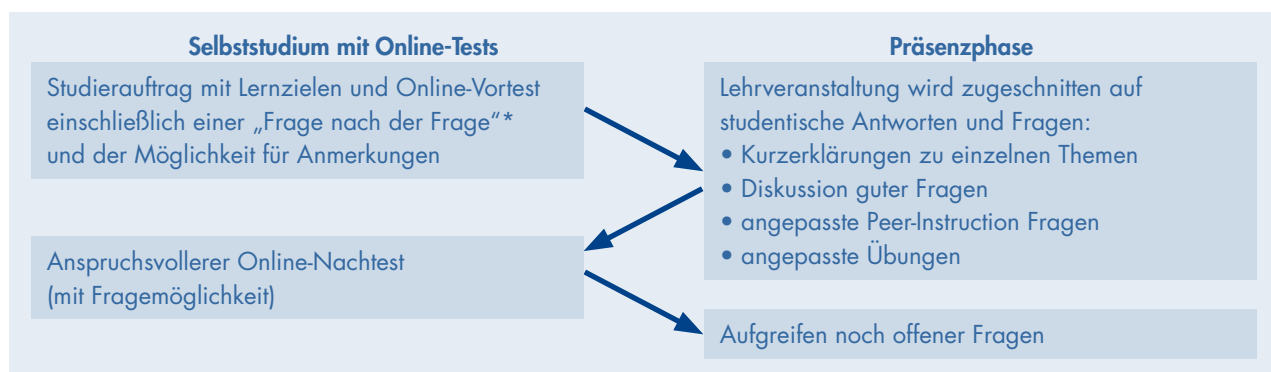
## 2.2 Just-in-Time-Teaching (JiTT)

Die an den seminaristischen Unterricht angepasste JiTT-Methode beginnt bereits in der ersten Lehrveranstaltung des ersten Semesters mit der Ankündigung des ersten Studienauftrags (Abb. 2). In einem Physiklehrbuch soll ein gegebenes Thema selbstständig studiert werden, wobei die Lernziele bekannt sind. Außerdem soll ein Online-Vortest im Moodle-Kursraum bearbeitet werden. Dieser Test besteht aus einer Lesekontrollfrage, Verständnisfragen und kleinen Rechenaufgaben. Zusätzlich werden die Studierenden gebeten, selbst eine Frage zum durchgearbeiteten Studiermaterial zu stellen, die schon ein eigenes Durchdenken des Stoffs erkennen lässt („die Frage nach der Frage“). Abschließend haben sie noch die Möglichkeit, Anmerkungen zum Thema zu machen.

Als Dozenten bereiten wir die darauf folgende Lehrveranstaltung (Präsenzphase) anhand der ausgewerteten Ergebnisse und der studentischen Fragen der Online-Tests vor.

Dieses kurzfristige und durchaus aufwändige Anpassen der Lehrveranstaltung wird im Amerikanischen „Just-in-Time-Teaching“ genannt (Abb. 2). Ziel der Vorbereitung und des Online-Tests ist nicht in erster Linie, dass die Studierenden lernen, sich neue Themen selbstständig zu erarbeiten, sondern Vorwissen bei den Studierenden zu generieren, das in der Lehrveranstaltung weiter vertieft und verknüpft werden kann. Der Dozent erfährt gleichzeitig auf diese Weise, was verstanden ist und was nicht, und kann so den Unterricht daran ausrichten. Viele Studierende erhalten auf ihre selbstformulierte Frage zum Stoff eine individuelle Antwort per Email. Dadurch ist auch in größeren Gruppen eine gewisse individuelle Betreuung möglich, was hilft, eine Beziehungsebene aufzubauen und zu verstärken.

Im seminaristischen Unterricht werden daher neben kurzen Erklärungen zu den wichtigsten Begriffen des Kapitels an passender Stelle studentische Fragen aufgegriffen, konzeptorientierte Peer-Instruction-Fragen (s. u.) gestellt und auch angepasste Übungen gerechnet. Da Lernen nicht geradlinig, sondern in Schleifen und durch Bildung von Verknüpfungen verläuft (vgl. [Siebert 2008] und [Braun 2004]), bearbeiten die Studierenden nach der Lehrveranstaltung einen gegenüber dem Vortest anspruchsvolleren Online-Nachtest, der



**Abb. 2: Verlauf einer JiTT-Lerneinheit in zwei Feedbackschleifen im Wechsel zwischen Selbststudium und Präsenzphase in der Lehrveranstaltung**

\* Bei der „Frage nach der Frage“ werden die Studierenden aufgefordert, selbst eine Frage zum durchgearbeiteten Stoff zu formulieren, die ein eigenes Durchdenken des Stoffs erkennen lässt.

ebenfalls eine Fragemöglichkeit zulässt (Abb. 2). In der darauffolgenden Lehrveranstaltung wird zunächst auf die Fragen und Probleme des Nachtests kurz eingegangen. Dieses Schema der JiTT-Studieraufträge wiederholt sich im Wochenrhythmus kontinuierlich das ganze Semester hindurch.

Die erfolgreich abgelegten Online-Tests werden zusammengefasst und als eine sogenannte mid-term-Prüfung gewertet. Die Ergebnisse bringen den Studierenden einen kleinen Prozentsatz an Bonuspunkten für die Prüfung. Mit diesem System wird erreicht, dass 80 – 90 % der Studierenden an den Online-Tests teilnehmen und das Semester hindurch mitarbeiten. Eine solche kontinuierliche Bewertung der Mitarbeit ist beispielsweise im amerikanischen Hochschulsystem üblich. In diversen Studien wird ihr eine große Bedeutung beigemessen [Heikkinen et al. 2011], [Jaako 2014].

### 2.3 Peer Instruction (PI):

Bei der Peer Instruction (PI) genannten Methode [Mazur 1997] werden wohlüberlegte Fragen, die auf das Konzeptverständnis der Physik zielen, mit Hilfe von Hörsaalabstimmungssystemen („Clicker“) von den Studierenden in der Lehrveranstaltung zunächst einzeln beantwortet. Nun wird die Verteilung der Antworten gezeigt. Im nächsten Schritt sollen sich die Studierenden in Peer-Diskussionen argumentativ gegenseitig von der richtigen Antwort überzeugen. Abschließend wird mit einer weiteren Abfrage überprüft, ob die meisten zum richtigen Verständnis gelangt sind, und die Antwort wird – idealerweise von Kommilitonen – noch einmal für alle erklärt. Auf diese Weise werden die Studierenden regelmäßig dazu angeregt, ihre eigenen mitgebrachten Vorstellungen mit den physikalischen Konzepten abzugleichen und sich in stringenter fachlicher Kommunikation zu üben. Außerdem erfahren sie Rückmeldung über ihren Lernfortschritt.

Wichtig für den sinnvollen Einsatz dieser Methode ist die Qualität der Fragen. Es geht nicht darum, einfach Wissensfragen im Sinne der Sendung „Wer wird Millionär“ abzufragen, sondern Fragen zu stellen, die ein gedankliches

Konzept der Physik adressieren und wirkliches Nachdenken erzeugen. Für den Lehrenden ist deshalb die Erstellung guter und geeigneter Fragen eine Herausforderung.

### 2.4 Spezielle Tutorials

Studierende bringen häufig intuitive Konzepte für physikalisch-technische Wirkmechanismen mit, die sie aus ihrer Vorerfahrung konstruiert haben. Diese Vorstellungen können fehlerhaft oder unvollständig sein („misconceptions“), sie sind aber innere Vorstellungen („mental models“), auf deren Basis Studierende versuchen, Probleme zu lösen. Die Problemlösung gelingt aber mit Fehlkonzepten nicht oder nur unvollständig [McDermott et al. 1991]. Um diesen Fehlvorstellungen zu begegnen, wurden in den 1990ern durch langjährige, wissenschaftliche Forschung in den USA spezielle Tutorials entwickelt [McDermott et al. 2009]. Sie dürfen nicht mit den in Deutschland üblichen „Übungs-Tutorien“ verwechselt werden.

Methodisch funktionieren die Tutorials nach dem Prinzip „elicit – confront – resolve“. Zunächst werden anhand speziell entwickelter Aufgabenstellungen typische Fehlvorstellungen beim Einzelnen ‚hervorgehlockt‘. Im Anschluss werden qualitative Arbeitsblätter bearbeitet, in denen durch schrittweise, geführte Fragen ein eigenständiges Durchdenken des Themas von Anfang bis Ende gefordert wird. Dabei werden die Antworten in Vierergruppen diskutiert und schriftlich festgehalten. Wenn Fehlvorstellungen vorhanden sind, führen die neu erarbeiteten Antworten zu Widersprüchen mit den anfänglichen Antworten („confront“). Beispielsweise sei hier die Aussage eines guten Studenten genannt, der nach Durchlaufen des Prozesses sehr nachdenklich aussah: *„Jetzt bricht mein Weltbild zusammen!“*.

Die gedanklichen Widersprüche erzeugen in den Studierenden den Wunsch, aber auch die Möglichkeit, das Thema richtig zu verstehen und den kognitiven Konflikt zu lösen. Durch dieses genaue Durchdenken können Fehlvorstellungen aufgelöst, und die richtigen gedanklichen Konzepte dauerhafter und tiefer verankert werden als mit traditioneller Lehre. Die



Rolle des Betreuers in diesem Prozess ist nicht die eines Wissensgebers und Erklärers, vielmehr die eines Begleiters durch genaues Nachfragen und Zuhören. Der Betreuer muss warten können, bis der Studierende selbst die gedanklichen Schritte macht und bis er sich selbst sein Wissen konstruiert hat. Nur dann hat der Studierende es wirklich verinnerlicht. Diese Verinnerlichung ist wichtig, denn ein rein passives Aufnehmen und Abspeichern von Wissen führt nicht zu Verständnis und ein neues oder andersgelagertes technisches Problem könnte höchstwahrscheinlich nicht gelöst werden.

Wir setzen die zu unseren Themen passenden publizierten speziellen Tutorials abwechselnd zu den traditionellen Übungsblättern in den Rechen-Übungsgruppen ein. Zu einem Gebiet (Strömungsmechanik) haben wir selbst eine wissenschaftliche Untersuchung zu intuitiven Konzepten durchgeführt und ein dazu passendes Tutorial entwickelt [Schäfle et al. 2017].

## 2.5 Übergeordnete Lernziele – Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen

Zusammenfassend listen wir in Abb. 3 die von uns formulierten Lernziele der Physikausbildung für Ingenieure hinsichtlich des fachlichen Wissens, der methodischen Fähigkeiten und der sozial-persönlichen Kompetenzen auf. In der Spalte daneben benennen wir verschiedene didaktische Methoden, mit denen das Erreichen dieser Ziele aus Dozenten-sicht gefördert werden kann.

Ob diese Lernziele erreicht werden und wie die unterschiedlichen Lehrmethoden wirken, muss mit unterschiedlichen Methoden überprüft werden. Die fachlichen Lernziele werden durch die Klausur sowie für ausgewählte Teilbereiche durch einen Konzepttest überprüft (siehe Teile 2 und 3 in dieser DiNa), während der Grad des Erreichens der anderen Lernziele über Evaluationen, Teaching Analysis Poll [TAP 2011] und Interviews untersucht wird.

Lernziele Physik für Ingenieure (1./2. Semester)	
Wissen, Fähigkeiten und Kompetenzen	didaktische Methoden
<b>fachlich:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalisches Grundlagenwissen</li> <li>• tiefgehendes Verständnis physikalischer Konzepte</li> <li>• physikalische Experimentiertechnik (Messen und Auswerten)</li> <li>• Lösen physikalischer Probleme</li> </ul>	JiTT, PI, spezielle Tutorials, Übungen, Praktikum PI, spezielle Tutorials physikalisches Praktikum Übungsaufgaben
<b>methodisch:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachliteratur lesen können</li> <li>• verschiedene Quellen zum Wissenserwerb nutzen</li> <li>• gezielt Fragen stellen</li> <li>• wissenschaftlich schlüssig argumentieren</li> </ul>	JiTT JiTT JiTT, PI spezielle Tutorials, PI
<b>sozial und persönlich:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in Peer-Gruppen Problemstellungen bearbeiten</li> <li>• studieren, d. h. eigenständig Wissen erwerben</li> <li>• fähig, im Team zu arbeiten</li> <li>• fachwissenschaftlich kommunizieren</li> <li>• selbstorganisiert lernen</li> </ul>	spezielle Tutorials, PI, Praktikum, Übungen JiTT, Praktikum PI, Praktikum PI, spezielle Tutorials JiTT

Abb. 3: Lernziele der Physikausbildung und ihre Förderung durch verschiedene didaktische Methoden

### 3. Wirkungen der Lehrmethoden

Im Folgenden sind Wirkungen der beschriebenen Lehrmethoden einerseits aus Dozentensicht, wie sie sich anhand unserer täglichen Erfahrung zeigen, und andererseits aus Studierendensicht, wie sie durch aufwändig ausgewertete umfangreiche Lehrevaluationen und studentische Interviews gewonnen werden können, dargestellt. Für die Studierendensicht wurden die in den drei Jahren entstandenen, knapp 1.000 Seiten starken Evaluierungsergebnisse gesichtet, sortiert und zugeordnet, ebenso die Ergebnisse der erstmalig eingesetzten Evaluierungsform Teaching Analysis Poll (TAP) [TAP 2011], mit welcher fünf Semesterguppen evaluiert wurde. Bezogen auf die speziellen Tutorials wurde die Studierendensicht sowohl mittels Fragebögen als auch mittels leitfadengestützter Interviews erhoben und ausgewertet.

Die Ergebnisse aus diesen Analysen werden im Folgenden den einzelnen Unterpunkten zugeordnet.

#### 3.1 Wirkungen JiTT und PI:

- **Kontinuierlicher Lernprozess:**

Mit Hilfe der Kombination aus JiTT und PI als Lehrmethoden erreichen wir, dass die Studierenden das ganze Semester hindurch zu kontinuierlichem Arbeiten angeregt werden.

Die Lehrevaluationen gemittelt über alle mit JiTT unterrichteten Studiengänge zeigen, dass mittlerweile **über 90% der Studierenden vorbereitet zum Unterricht** erscheinen. Die Studierenden schätzen die geforderte und geförderte Eigenverantwortlichkeit der selbstgesteuerten Lernprozesse: „... weil man dabei dann dazu „gezwungen“ ist, sich intensiv mit dem Stoff zu befassen und ihn selbstständig zu lernen.“

Im Vergleich dazu geht aus einer Evaluation im Dezember 2013 vor der Umstellung auf aktivierende Methoden hervor, dass zu dieser Zeit nur knapp die Hälfte der Studierenden die Präsenzeinheiten vor- oder nachbereitet

haben. Das dürfte wesentlich dazu beigetragen haben, dass damals viele dem laufenden Unterricht kaum oder nicht mehr folgen konnten.

- **Motivation:**

Viele Studierende kommen schon mit **eigenen Fragen** zum Thema in der Lehrveranstaltung an und wollen wirklich etwas wissen. Insbesondere bei der offenen Frage (genannt „die Frage nach der Frage“, siehe auch Abb. 2) im Vor-test werden teilweise tiefgehende Gedanken formuliert. In der qualitativen Erhebung der motivationalen Aspekte der Lehre in der Evaluation geben **ca. 75% der Studierenden** an, dass die **neuen Lehrmethoden** von ihnen als **motivierend** bezüglich einer intensiveren Auseinandersetzung mit fachspezifischen Inhalten erlebt werden. Studentischer Kommentar „...Und weil ich mich auf jedes Thema vorbereite und so einen Grundstock an Wissen zum Thema habe, ist die Vorlesung für mich interessanter. Das macht Spaß ;- ) ...und deshalb meine ich, dass ich die Zusammenhänge besser / einfacher verstehe.“

- **Aktivierung in der Lehrveranstaltung:**

Im Unterricht machen häufig über 50% der Studierenden aktiv mit im Vergleich zu ca. 10% bei traditionellem Unterricht. Allein dies bringt einen hohen Mehrwert. Die Studierenden lernen ab dem ersten Semestertag zu „studieren“ im eigentlichen Sinne; sie lernen, sich eigenständig Wissen aus Büchern anzueignen, weiterführende Fragen zu stellen und miteinander zu diskutieren.

Die Studierenden erleben sich in den laufenden Lehrveranstaltungen stärker orientiert als früher.

„Es fällt deutlich leichter dem Inhalt der Vorlesung zu folgen, dadurch dauert die selbständige Nacharbeit nicht so lange...“

- **Nacharbeit fachlicher Defizite:**

Die große Heterogenität unserer Studienanfänger in Bezug auf Vorqualifikation, Lernstil, Abstraktionsvermögen bis hin zur Studierfähigkeit adressieren wir in besonderem Maße durch den selbstgesteuerten, eigenverantwort-

lichen Lernprozess im eigenen Tempo (JiTT) und die Unterstützung der Studierenden untereinander in Peer-Diskussionen (PI und Tutorials).

In der qualitativen Erhebung der fachspezifischen Aspekte in den Lehrevaluationen geben **ca. 70% der Studierenden** an, dass sie durch JiTT **fachliche Defizite eher nacharbeiten**. Etwa 75% bewerten darüber hinaus die laufend generierten Lernergebnisse (z. B. im Rahmen der JiTT-Selbsttests) als Indikator für ihren eigenen Lernfortschritt.

Die eingesetzten Lehrmethoden kommen den persönlichen Lernpräferenzen und dem jeweils individuellen Lerntempo entgegen: „... da ich in meinem eigenen Tempo Themen vorbereite“ / „... weil ich ein Thema so oft wiederholen kann, wie ich möchte.“

- **Rückkopplung zwischen Studierenden und Dozenten:**

Durch die wöchentlichen Online-Tests findet zwischen Studierenden und Dozenten laufend eine zeitnahe und individuelle fachliche Rückkopplung statt, die wieder in die Gestaltung der Lehrveranstaltung einfließt.

Studentischer Kommentar: „...stößt auf Sachen, die einem unverständlich sind und erkennt dadurch seine Wissenslücken.“

### 3.2 Wirkungen der speziellen Tutorials

- **Fachwissenschaftliche Diskussionsfähigkeit, schlüssiges Argumentieren**

Wir beobachten, dass in der Peer-Group ohne Scheu ganz selbstverständlich so lange diskutiert wird, bis die Fragestellung durchdrungen wird. Wir erleben, dass es den Studierenden Spaß macht, wenn sie erkennen, dass sie solche Fragen wirklich begreifen können – auch wenn es anstrengend ist. Die Erfahrung, physikalische Fragestellungen wirklich durchdringen zu können, stärkt das Selbstbewusstsein, erhöht die Selbstwirksamkeit und fördert die Hochschul-Lernentwicklung der Studierenden (nach [Perry 1970]).

In den leitfadengestützten Einzelinterviews mit Studierenden zeigt sich, dass die Studierenden, die die Tutorials absolvieren,

- sich beim Hineinfinden in ein selbstgesteuertes, eigenverantwortliches Lernen unterstützt fühlen
  - kritisches Denken aufbauen, Eigeninitiative entwickeln und ihren Lernprozess selbst in die Hand nehmen
  - ein Kompetenzerleben und das Gefühl von Selbstwirksamkeit generieren
  - besser in ein analytisches und naturwissenschaftliches Denken hineinfinden
  - Offenheit und Interesse für das Fach entwickeln.
- Wir erleben, dass Studierende wirklich den beschriebenen **Prozess des Elicit – Confront – Resolve** durchlaufen. In den Prüfungen können Studierende Fragen zum Konzeptverständnis dadurch besser beantworten.
  - Die **Qualität der Gruppendynamik** einer Semestergruppe verändert sich aus unserer Sicht durch das kontinuierliche Zusammenarbeiten mit dem Gefühl der Selbstwirksamkeit von Anfang an deutlich. Es entsteht eine Kultur des fachlichen Austauschs und Miteinanders, die sogar Dozenten in nachfolgenden Lehrveranstaltungen höherer Semester positiv auffällt, die die Semestergruppen mit früheren vergleichen (Zitat eines Dozenten im höheren Semester: „Die wollen etwas wissen!“).

### 3.3 Übergeordnete Lernziele – Kompetenzerwerb

In der Evaluation hinsichtlich des Kompetenzerwerbs der Studierenden (quantitative und qualitative Erhebung) geben im Schnitt ca. 75% der Studierenden an, dass sie aufgrund der Lehrveranstaltung wichtige Schlüsselkompetenzen erwerben bzw. vertiefen können. Abgefragt werden dabei Sozialkompetenzen (fachbezogene Kommunikationsfähigkeit, mündliche/schriftliche Ausdrucksfähigkeit), Selbstkompetenzen (Verantwortungsübernahme für den eigenen Lernprozess, Reflexionsfähigkeit bezüglich der eigenen fachspezifischen Fähigkeiten, Leistungsbereitschaft, Selbstmanagement und -motivation) als auch Methodenkompetenzen (Problemlösefähigkeit, analytische Fähigkeiten, selbständiges Arbeiten, Erkennen und Schließen von Wissenslücken).

### 3.4 Gesamtmeinung der Studierenden

In der Evaluation über die JiTT-Methode erhalten wir die Rückmeldung, dass 70–80% der Studierenden sehr zufrieden bzw. zufrieden mit der Methode sind. Durch Teaching-Analysis-Poll-Befragungen (TAP [Tap 2011]) erfahren wir, dass die Studierenden sich durch die jeweilige Lehrveranstaltung in ihrem Lernprozess am meisten unterstützt fühlen durch:

- aktivierende Lehrmethoden (z. B. Peer Instruction, Just-in-Time-Teaching)
- didaktische Methodenvielfalt
- Schaffen eines fachspezifischen Frames durch Wissensinput
- Wissenstransfer durch praxisorientierte Einheiten
- Strukturierte Unterstützung/Orientierung im Wissenserwerb.

Eine quantitative Untersuchung der Wirkung der Lehrmethoden mit einem standardisierten Mechanik-Konzepttest stellen wir in Teil 3 dieser DiNa vor.

## 4. Aufwand

Der zeitliche Einsatz, um die beschriebenen Methoden umzusetzen, ist für Dozierende insbesondere am Anfang hoch. Es ist gut möglich, zunächst nur zwei bis drei Themenbereiche auf JiTT/PI umzustellen und den Anteil in den Folgejahren sukzessive zu erhöhen. Vor der kompletten Umstellung einer Lehrveranstaltung als Ganzes auf JiTT/PI sollte der Dozent die Lehrveranstaltung selbst möglichst ein paar Mal durchlaufen haben, damit ihm selbst für jeden Abschnitt des Lehrstoffes die detaillierten Lernziele und die auftretenden Verständnisschwierigkeiten und Fehlkonzepte klar sind. Will man die speziellen Tutorials gewinnbringend einsetzen, sollte der Dozent unbedingt vorher einen didaktischen Workshop dazu mitmachen oder sich von erfahrenen Kollegen dazu beraten lassen.

Leistungsbereitschaft (Commitment) kann bei den Studierenden dadurch erzeugt werden, dass sie erkennen, dass ihre Vorbereitungen auch für die Prüfung relevant sind. Aus

diesem Grund ist es notwendig, dass die Lernziele, das eigentliche Tun in der Lehrveranstaltung und die Prüfung zusammenpassen (Constructive Alignment [Biggs 1996, 2003]). Im vorliegenden Falle sollten beispielsweise auch konzeptverständnisorientierte Fragen in der Prüfung gestellt werden („Testing drives Learning“).

Sehr hilfreich bei der Umstellung ist die Unterstützung durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter, wie es im HD-MINT-Projekt möglich war, denn insbesondere das Erstellen und Pflegen des Pools von inzwischen über 800 online-Testfragen oder das Auswerten der Konzepttests und Evaluationen stellen einen erheblichen Aufwand dar.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Unser Lehrkonzept enthält neben den bewährten Lehrformen wie Seminaristischem Unterricht, Übungen und Praktika die aktivierenden und auf das Konzeptverständnis zielenden Lehrformen JiTT, PI und spezielle Tutorials.

Wir können durch eigene Beobachtungen und Erfahrungen, sowie durch Lehrevaluationen, Konzepttests und Befragungen zeigen, dass die genannten Lehrmethoden hinsichtlich des Kompetenzerwerbs der Studierenden wirksam sind.

Trotz der Anfangshürden können wir die Umstellung der Lehrveranstaltung auf aktivierende und konzeptverständnisorientierte Lehrmethoden wie JiTT, PI und Tutorials empfehlen. Neben den genannten Vorteilen für die Studierenden wie tieferes Verständnis, individuelles Lerntempo, kontinuierliches Lernen während des Semesters, verbesserte Fähigkeit über wissenschaftliche Themen zu diskutieren, direkte Rückkopplung zum Dozenten und verbessertes Gruppenklima, haben wir als Dozenten auch einfach mehr Freude am Unterricht.

Aber: Lehre ist nicht statisch, sondern ein Entwicklungsprozess! Diese Methoden sind ein Angebot, jede Dozentin und jeder Dozent sind frei, sie auszuprobieren und anzupassen und ganz neue Aspekte ihrer bzw. seiner Lehre und des Fachs selbst zu entdecken.

## Teil 2:

# Die Heterogenität der Studienanfänger in den Ingenieurstudiengängen: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“

Elmar Junker  
Claudia Schäfle  
Silke Stanzel

## Welcher Zusammenhang besteht zwischen unterschiedlichen Studienzugangsberechtigungen und dem Umfang schulischen Physikunterrichts einerseits und dem Mechanik-Vorwissen andererseits?

In diesem Teil werden detaillierte Untersuchungen zum physikalischen Mechanik-Vorwissen von 1.556 Studierenden der Ingenieurwissenschaften im ersten Semester an der Hochschule Rosenheim über einen Zeitraum von drei Jahren vorgestellt. Mithilfe des standardisierten Mechanik-Konzepttests „Force Concept Inventory“ (FCI-Test) als Eingangstest (Vortest) am Anfang des ersten Semesters werden Rückschlüsse auf vorhandenes oder fehlendes Vorwissen bzw. Fehlkonzepte der Studierenden in Mechanik gezogen. In Verbindung mit einer gleichzeitig erfolgenden Abfrage des schulischen Hintergrunds lassen sich diese Ergebnisse nach Art der Hochschulzugangsberechtigung und Anzahl der Physikstunden in den letzten beiden Schuljahren weiter aufschlüsseln.

Aus den Daten zeigt sich statistisch signifikant, dass mit steigender Zahl der wöchentlichen Physikstunden in der Oberstufe das Konzeptverständnis in Mechanik zunimmt, unabhängig davon, ob die Studierenden einen Abschluss der FOS/BOS-Technik oder des Gymnasiums haben. Im deutlichen Unterschied dazu erreichen Studierende von einer nicht-technischen FOS/BOS (meist mit Schwerpunkt Wirtschaft oder Soziales) im Mittel FCI-Test-Ergebnisse, die deutlich niedriger sind. Unsere Ergebnisse ähneln damit denen einer Studie aus dem Jahre 2001 [Girwidz et al. 2003]. Des Weiteren lässt sich eine Selbstselektion der Studierenden bezüglich der Studiengangwahl feststellen: in den Studiengängen Maschinenbau und Elektrotechnik beträgt der Anteil Studierender mit nichttechnischem FOS/BOS-Abschluss 10%, im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen 40%.

## 1. Ziel der Untersuchung

In den Ingenieurfächern beobachten wir eine große Heterogenität im Vorwissen der Studierenden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die Heterogenität bei Studienanfängern der Ingenieurwissenschaften an der Hochschule Rosenheim quantitativ abzubilden und mit Daten der schulischen Vorbildung (Art der Hochschulzugangsberechtigung und Umfang des schulischen Physikunterrichts) zu verknüpfen.

Damit ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Welche Vorkenntnisse in Mechanik bringen die Studierenden mit?
- Wie hängen die Vorkenntnisse mit dem besuchten Schultyp und dem Umfang des Physikunterrichts an der Schule zusammen?
- Wie ist die Zusammensetzung der Erstsemestergruppen in den unterschiedlichen Ingenieurstudiengängen bezüglich der Art ihrer Hochschulzugangsberechtigungen?

## 2. Methodik

### 2.1 Untersuchte Studierendengruppen

An der Hochschule Rosenheim werden die Physik-Grundlagenvorlesungen für die Ingenieurwissenschaften von einem Team aus acht Professorinnen und Professoren der Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften gehalten. In den drei Studienjahren mit Studienstart von Herbst 2013 bis Herbst 2015 nahmen 2.262 Erstsemester in acht Ingenieur-Studiengängen ihr Studium auf. 21 von 24 dieser Erstsemestergruppen mit zusammen 2.002 eingeschriebenen Studierenden wurden untersucht, knapp 80% davon (1.556) nahmen am Anfang des ersten Semesters

Studiengang		Anzahl
Elektro- und Informationstechnik	EIT	164
Holzbau und Ausbau	HA	312
Innenausbau	IAB	205
Energie- und Gebäudetechnologie	EGT	133
Holztechnik	HT	75
Kunststofftechnik	KT	125
Maschinenbau	MB	112
Wirtschaftsingenieurwesen	WI	430
<b>Gesamtsumme:</b>		<b>1.556</b>
	WS 2013/14	441
	WS 2014/15	551
	WS 2015/16	564

**Abb. 1: Aufteilung der 1.556 Ingenieur-Erstsemester in Rosenheim auf die einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge und Semester**

am Mechanik-Konzepttest FCI teil (Abb. 1). In Zusammenhang mit dem Test wurden die Studierenden gebeten, die Art ihrer Hochschulzugangsberechtigung und den zeitlichen Umfang ihres Physikunterrichtes in der Schule in Wochenstunden anzugeben (Abb. 2).

Hinsichtlich der schulischen und beruflichen Vorbildung waren nicht alle Fragebögen auswertbar, so dass für die Auswertung nach Schultypen nur die 1.375 Fragebögen verwendet wurden, in denen eine Schule, oder eine Schule kombiniert mit Berufsausbildung angekreuzt waren. Abbrecher vom Gymnasium oder einem Universitätsstudium wurden nicht berücksichtigt. Der Anteil der berufsqualifizierten Studierenden ist im Untersuchungszeitraum mit 3% so gering, dass eine statistische Auswertung nicht sinnvoll ist. Auch sie wurden beim Vergleich der Schularten herausgenommen. Die Grundgesamtheit, auf die sich die Zahlenangaben der einzelnen Auswertungen beziehen, ist jeweils mit angegeben.

Vorbildung (egal ob mit oder ohne Abschluss)		Abschluss	Anzahl Jahre zwischen Erlangen der Hochschulreife und Studienbeginn		durchschnittliche wöchentliche Physikstunden der letzten 2 Schuljahre
FOS (Technik) <input type="checkbox"/>	BOS (Technik) <input type="checkbox"/>	Fachabitur <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
FOS (andere) <input type="checkbox"/>	BOS (andere) <input type="checkbox"/>	Abitur <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	1-2 <input type="checkbox"/>
Gymnasium (G8) <input type="checkbox"/>	Beruf <input type="checkbox"/>	Sonstiges <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	3-4+ <input type="checkbox"/>
Gymnasium (G9) <input type="checkbox"/>	Uni <input type="checkbox"/>		3 <input type="checkbox"/>	7+ <input type="checkbox"/>	

**Abb. 2: Ausschnitt aus dem Fragebogen zur Vorbildung**

## 2.2 Der FCI-Test (Force Concept Inventory)

### Allgemeines

Der FCI-Test – ein im Hochschulbereich der USA breit eingesetzter, standardisierter Konzepttest zur Mechanik [Hestenes et al. 1992], [Girwidz et al. 2003] – wurde als einer der ersten wissenschaftsbasierten Diagnostiktests entwickelt, um konzeptionelle Fehlvorstellungen (auch „intuitive Konzepte“, „Schülervorstellungen“ oder „common sense concepts“ [Hestenes et al. 1985] genannt) im Bereich der Newtonschen Mechanik für Lehrende und Studierende aufzudecken und sichtbar zu machen. Ausgangspunkt zur Entwicklung des FCI-Tests ist die Erkenntnis, dass die Fähigkeit, quantitative Aufgaben zu lösen, in vielen Fällen nicht gleichbedeutend mit einem qualitativen Verständnis des Lehrstoffs ist. Studierende, die in der Abschlussklausur anspruchsvolle Aufgaben rechnen können, haben oft erhebliche Schwierigkeiten mit einfachen qualitativen Fragestellungen [Kautz 2001].

Der FCI-Test wird auch als Monitoring-Instrument für den Lernerfolg bei Studierenden oder die Wirksamkeit von Lehrmethoden eingesetzt [Hake 1998], [Savinainen 2002]. Er besteht aus 30 qualitativen Multiple-Choice-Fragen, die jeweils in einen Alltagskontext gestellt werden [Hestenes 1997], [Meltzer et al. 2012]. Jede Frage adressiert wissenschaftlich untersuchte, bekannte konzeptionelle Fehlvorstellungen zur Mechanik (eine Taxonomie der Fehlvorstellungen findet sich in [Hestenes et al. 1992]). Die Themengebiete des Tests umfassen Kinematik, Newtonsche Mechanik, Superposition von Kräften und Gravitation. Jede Frage hat fünf Antwortmöglichkeiten, für jede Frage ist im Mittel eine Minute Beantwortungszeit vorgesehen und für jede richtig beantwortete Frage wird ein Punkt gegeben.

Für das Ergebnis gilt: bis sechs Punkte entsprechen einer rein zufälligen Beantwortung der Fragen, die keine Rückschlüsse auf vorhandenes Verständnis zulässt. Sieben bis 17 Punkte sind ein Indikator für ein sich bildendes Verständnis des grundlegenden Kraft-Konzeptes als Ursache von Bewegungsänderungen, sowie der Konzepte Geschwindigkeit und Beschleunigung. 18 bis 24 Punkte werden als Indikator für ein zunehmendes Verständnis der oben beschriebenen Konzepte und ihrer Zusammenhänge als vektorielle Größen gewertet. 25 und mehr Punkte zeigen ein tiefgehendes Verständnis der beschriebenen Konzepte, des Wechselwirkungsprinzips (3. Newtonsches Axiom) und damit des Dynamik-Gesamtkonzeptes an.

### Testdurchführung

Der Test wird als Testheft in Papierform ausgegeben, die Antworten werden separat auf einem von den Dozierenden der Hochschule erstellten digital auswertbaren Antwortblatt notiert. Mit den Testfragen wird sehr sorgfältig umgegangen, um ihre Weiterverbreitung zu vermeiden und damit das Testinstrument zu zerstören. Alle ausgegebenen Testhefte werden nach Testende eingesammelt. Die Durchführung der Tests erfolgt innerhalb der Lehrveranstaltung, der Test wird nur als „Mechanik“-Test bezeichnet und die Namen „FCI-Test“ oder „Force Concept Inventory“ werden im Unterricht nicht verwendet. Die Studierenden werden aufgefordert mitzumachen, um sich selbst und ihren aktuellen Kenntnisstand zu testen. Ihnen wird versprochen, dass sie eine detailgenaue Rückmeldung darüber bekommen, welche Konzepte der Mechanik sie noch nicht verstanden haben. Auch wird ihnen mitgeteilt, dass der Test nicht als Prüfung verwendet wird, so dass für sie auch weder Anreiz noch erkennbare Möglichkeiten vorhanden sind, sich die FCI-Testfragen im Vorfeld zu beschaffen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass den Studierenden die Fragen beim Vortest in keinerlei Hinsicht vorher bekannt sind.

Der FCI-Test wird mit jeder Studierendengruppe zweimal durchgeführt: Zunächst als Vortest (Eingangstest) zu Beginn des Semesters z. B. in der zweiten Vorlesungswoche. Die Ergebnisse lassen dann Rückschlüsse auf den Kenntnisstand der jeweiligen Studierendengruppen zu Studienbeginn zu (Auswertungen hierzu werden im folgenden Kapitel vorgestellt). Je nachdem, ob der Physikkurs sich über ein oder zwei Semester erstreckt, wird der Test nach Abschluss der Newtonschen Mechanik (diese ist in allen untersuchten Studiengängen Inhalt der Physik-Lehrveranstaltungen, vgl. Abb. 1) zum Ende des ersten Semesters (MB, KT, EIT) oder in der Mitte des zweiten Semesters (WI, EGT, HT, HA, IAB) wiederholt (sogenannter Nachtest). Mit Hilfe der Matrikelnummer ist es möglich, jedem Nachtest ein Vortestergebnis eindeutig zuzuordnen und Lernzuwächse zu messen (siehe Teil 3 dieser DiNa).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Zusammensetzung der Anfängersemester

##### Herkunft

Die Studierenden im ersten Semester der acht Ingenieur-Studiengänge der WS 2013/14 bis WS 2015/16 stammen zu 80% aus Bayern, 8% aus Baden-Württemberg, 4% aus Nordrhein-Westfalen, 6% aus den restlichen Bundesländern und nur 2% aus dem Ausland.

#### Hochschulzugangsberechtigung – schulische Vorbildung

Das Vorwissen der Studienanfänger zur Mechanik weist eine große Heterogenität auf, was auf der Art des Hochschulzugangs und dem Umfang des wöchentlichen Physikunterrichts in der Oberstufe beruht (Abb. 3).

Der Anteil der Studierenden mit Abitur beträgt rund 45% (Abb. 4a). Von diesen wählte knapp die Hälfte Physik in der Oberstufe ab (siehe Abb. 3).

Einen Abschluss der FOS/BOS-Technik bringen ca. 35% der Studienanfänger mit. Von diesen hatten drei Viertel viel Physik, d. h. 3–4 h/Woche in der Oberstufe.

Bei etwa 20% der Ingenieur-Studienanfänger ist die Eingangsqualifikation für das Studium ein Abschluss von FOS/BOS-Andere, d. h. meist aus dem sozialen oder wirtschaft-

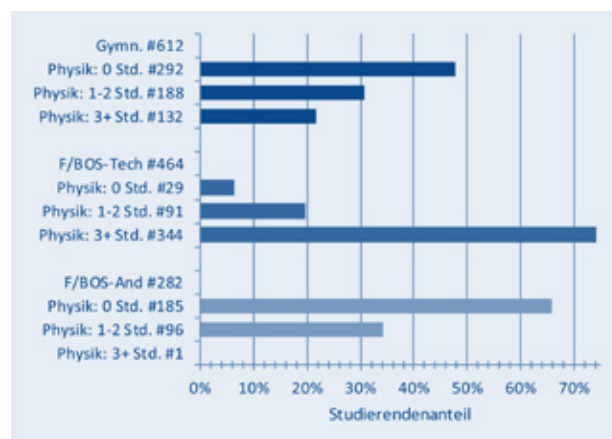


Abb. 3: Einteilung der 1.358 Erstsemester nach Art der Hochschulzugangsberechtigung und der Menge an wöchentlichem Physikunterricht in den letzten beiden Schuljahren für acht Ingenieurstudiengänge der Hochschule Rosenheim von WS 2013/14 bis WS 2015/16 (keinen = 0 h, wenig = 1–2 h oder viel = 3–4 h; #: Anzahl Studierende)



lichen Zweig. Dies ist mit Abstand die Gruppe mit den schwächsten Eingangsvoraussetzungen für ein technisches Studium. Sie hatten in der Regel nicht oder nur wenig Physik in der Oberstufe.

### Studiengangwahl – Selbstselektion

Schlüsselt man die Art der Hochschulzugangsberechtigung nach Studiengängen auf, werden weitere Trends sichtbar, deren Extrema in Abb. 4a und 4b dargestellt sind.

Während bei den Studiengängen Elektro- und Informationstechnologie (EIT) und Maschinenbau (MB) knapp 60% der Studierenden einen FOS/BOS-Technik- und nur 10% einen FOS/BOS-Andere-Abschluss haben, kommen umgekehrt im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen (WI) weniger als 20% von der FOS/BOS-Technik, aber 40% von FOS/BOS-Andere.

Auch der Umfang des wöchentlichen Physikunterrichts in der Oberstufe zeigt ein ähnliches Bild (Abb. 4b): im Mittel hatten 40% keinen, 25% wenig und nur 35% aller befragten Studierenden viel Physikunterricht. Während bei EIT/MB nur 15% keinen und 65% viel Physikunterricht hatten, ist es bei WI umgekehrt: rund 50% hatten keinen Physikunterricht und nur ca. 20% hatten viel.

Die Studierenden scheinen durch die Studiengangwahl eine Selbstselektion durchzuführen. In den möglicherweise als „härter“ empfundenen, traditionellen Ingenieursfächern MB/EIT liegt der Anteil der Studierenden, die bereits in ihrer schulischen Laufbahn durch die Wahl der Fächer und Zweige eine größere Affinität zu physikalisch-technischen Fächern zeigen, deutlich höher als bei den WI-Studierenden.

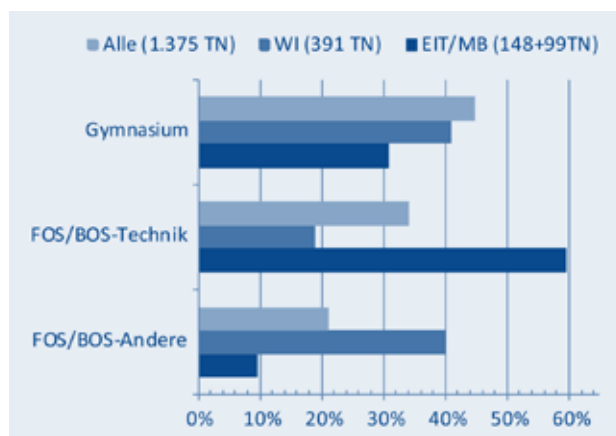


Abb. 4a: Verteilung der Art der Hochschulzugangsberechtigung

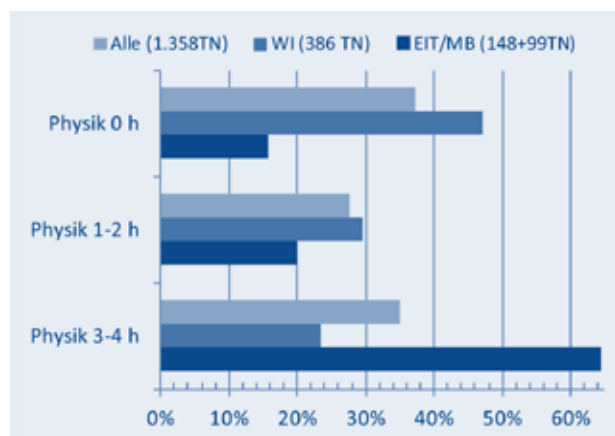


Abb. 4b: Verteilung der Anzahl der Physikstunden pro Woche (0 h = kein, 1–2 h = wenig, 3–4 h = viel Physik) in den letzten beiden Schuljahren

Daten jeweils für alle befragten Studierenden im Vergleich zu den Extrema in den Studiengängen Wirtschaftsingenieurwesen (WI) sowie Elektro- und Informationstechnik (EIT) mit Maschinenbau (MB); 1.375 Erstsemester in acht Ingenieurstudiengängen der Hochschule Rosenheim in den drei Studienjahren WS 2013/14 bis WS 2015/16). FOS/BOS-Andere sind alle nichttechnischen FOS/BOS-Abschlüsse. TN: Teilnehmende

### Zeitlicher Abstand zwischen Hochschulzugangsberechtigung und Studium

Die Hälfte der Studierenden hat das Studium direkt nach Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung angefangen (Abb. 5), 40% warteten 1–3 Jahre und 10% mehr als 3 Jahre.

Rund ein Fünftel der Erstsemester hat vor oder nach dem Erlangen der Hochschulzugangsberechtigung noch einen Beruf gelernt, dieser Wert ist stark abhängig vom Studiengang: In sehr berufsfeldorientierten Studiengängen (HT und IAB) haben rund ein Drittel der Erstsemester vor dem Studium eine Berufsausbildung abgeschlossen, während es bei EGT, EIT und MB weniger als ein Siebtel ist.

### 3.2 Messung der Physikvorkenntnisse mit dem FCI-Test

#### Vortest-Ergebnisse der gesamten Studierendengruppe

Am FCI-Mechaniktest nahmen als Eingangstest (Vortest) in den drei Studienjahren 1.556 Studierende aus acht Studiengängen teil (Details siehe Abschnitt 2). Abb. 6 zeigt

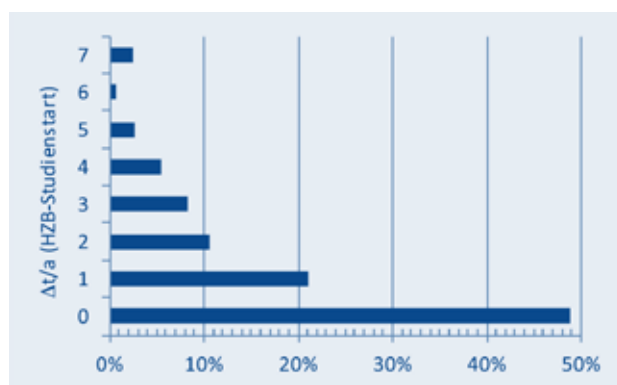


Abb. 5: Zeitraum  $\Delta t$  in Jahren zwischen Hochschulzugangsberechtigung (HZB) und Studienstart für 1.534 Erstsemester in acht Ingenieurstudiengängen der Hochschule Rosenheim in den drei Studienjahren WS 2013/14 bis WS 2015/16

die Häufigkeitsverteilung der erreichten Punktzahlen für alle Testteilnehmer bei der Beantwortung der 30 Fragen. Als Mittelwert über alle Studiengänge ergeben sich  $11,9 \pm 5,4$  Punkte (Standardabweichung).

Abb. 7 stellt die Mittelwerte der FCI-Vortest-Ergebnisse aufgeschlüsselt nach der Zahl der wöchentlichen Physikstunden in den letzten beiden Schuljahren und nach Art der Hochschulzugangsberechtigung dar. Daraus ist eine Korrelation zwischen der wöchentlichen Zahl der Physikstunden in der Schule in den letzten beiden Schuljahren und den FCI-Vortest-Ergebnissen erkennbar.

Die Mittelwerte im FCI-Vortest steigen mit dem Umfang des Physikunterrichts in den drei Untergruppen kein (= 0 h), wenig (= 1–2 h) und viel (= 3–4 h) Physik an. Auffallend ist, dass bei gleichem Umfang des Physikunterrichts unabhängig von der Schulform Gymnasium oder FOS/BOS-Technik jeweils die gleichen Mittelwerte im FCI-Vortest erreicht werden.

Im Unterschied zu Gymnasiasten und FOS/BOS-Technikern erreichen Absolventen der FOS/BOS-Andere rund drei Punkte weniger im Vortest. Selbst die 34% (Abb. 3) der

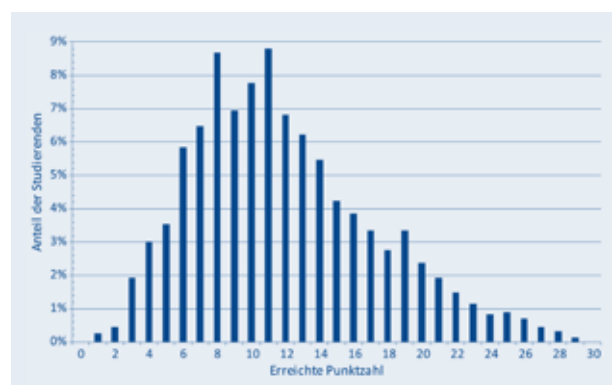


Abb. 6: Punkteverteilung im FCI-Eingangstest. 1.556 Erstsemester in acht Ingenieurstudiengängen der Hochschule Rosenheim in den drei Studienjahren WS 2013/14 bis WS 2015/16.

Studierenden von FOS/BOS-Andere mit wenig Physik (1–2 h/Woche) in den letzten beiden Schuljahren erreichen nur 8,7 Punkte. Das Zufallsergebnis liegt im Vergleich hierzu bei 6 Punkten.

An dieser Stelle ist nicht zu klären, ob durch den geringen Umfang an Physikunterricht weniger Kompetenz erworben

wurde, oder ob durch im Mittel geringes Interesse oder Fähigkeit an Physik und Technik in der Schullaufbahn eine andere Fächer- und Schulwahl getroffen wurde. Auf jeden Fall ist auffallend, dass Absolventen mit wenig Physik auf FOS/BOS-Technik oder Gymnasium sehr viel bessere Ergebnisse erreichen als Absolventen mit wenig Physik auf FOS/BOS-Andere (Abb. 7).

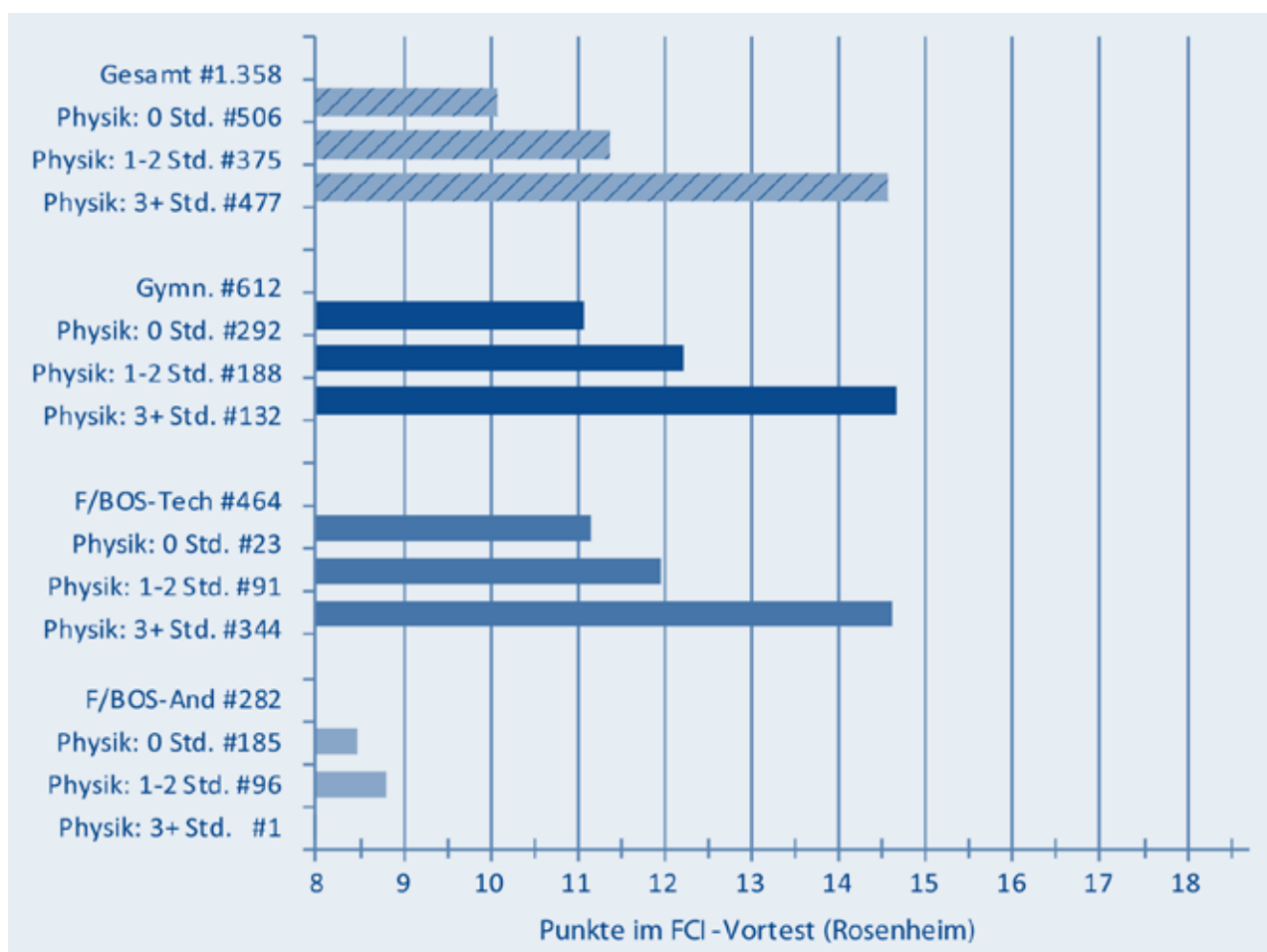
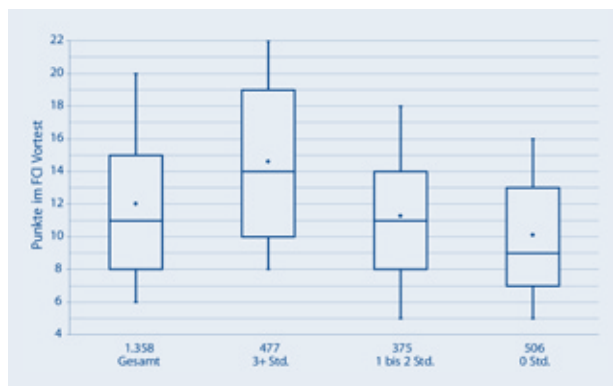
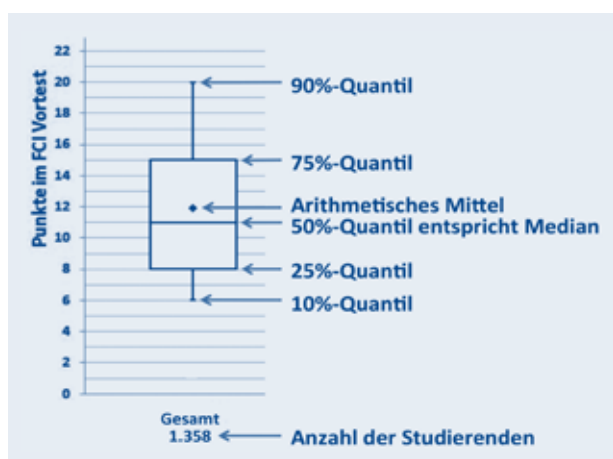


Abb. 7: Erreichte Punkte im FCI-Vortest in Abhängigkeit der Art der Hochschulzugangsberechtigung und der Anzahl der wöchentlichen Physikstunden in den beiden letzten Schuljahren für 1.358 Erstsemester in acht Ingenieurstudiengängen der Hochschule Rosenheim von WS 2013/14 bis WS 2015/16. #: Anzahl Studierende. Den Anteil der Studierenden nach Hochschulzugangsberechtigung und Menge des Physikunterrichts siehe Abb. 3.



**Abb. 8a:** Boxplot für erreichte Punkte im FCI-Vortest als Funktion des Umfangs an Physikunterricht in den beiden letzten Schuljahren für Erstsemester in acht Ingenieurstudiengängen der Hochschule Rosenheim von WS 2013/14 bis WS 2015/16 (Zusammenfassung der Abb. 7). Die Unterschiede zwischen diesen drei Gruppen (0 h/1–2 h, 0 h/3+ h, 1–2 h/3+ h) sind trotz der hohen Streuung der Einzelwerte hochsignifikant. Details siehe Text.

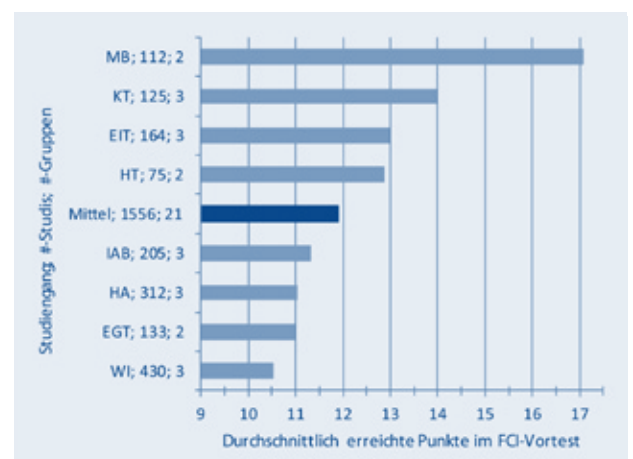


**Abb. 8b:** Erläuterung des Boxplots.

Die Unterschiede in den Mittelwerten aufgeteilt nach Anzahl der Schulstunden in Physik sind in Abb. 8a als Boxplot dargestellt. Statistische Analysen (Kruskal-Wallis-Rangsummentest und paarweiser Wilcoxon-Test [Wellisch 2017]) zeigen, dass trotz der Streuung der Einzeldaten die Unterschiede zwischen den Medianen hochsignifikant sind: p-values  $< 10^{-6}$  bzw.  $< 10^{-16}$ .

### Vortest-Ergebnisse in Abhängigkeit der Studiengänge – Selbstselektion

Die erreichten Mittelwerte im FCI-Vortest sind stark abhängig vom Studiengang (Abb. 9). Auf der einen Seite erreichen die Studierenden der klassischen Ingenieurfelder Elektrotechnik (EIT), Kunststofftechnik (KT) und Holztechnik (HT) im Mittel über 13 Punkte, die des Maschinenbaus (MB) sogar 17,1 Punkte. Diese Studierenden haben vermehrt ihre Hochschulzugangsberechtigung auf Schulen mit



**Abb. 9:** Heterogenität im Mechanik-Vorwissen nach Studiengang. Die Balken drücken die durchschnittlich erreichte Punktzahl im FCI-Vortest für 1.556 Erstsemester (acht Ingenieurstudiengänge in 21 Semestergruppen) der Hochschule Rosenheim in den drei Studienjahren WS 2013/14 bis WS 2015/16 aus.

höherem Physikanteil erworben (Abb. 4a und 4b). Andererseits erzielen die Erstsemester der baunahen Studiengänge (Innenausbau IAB; Holzbau und Ausbau HA; Energie- und Gebäudetechnologie EGT) im Mittel nur um die 11 Punkte und die des Wirtschaftsingenieurwesens (WI) im Mittel nur 10,5 Punkte. Das deutlich schlechtere Abschneiden im FCI-Vortest der Studierenden von WI korreliert mit dem hohen Anteil an Absolventen von FOS/BOS-Andere (40%) und der entsprechenden geringen Physikstundenzahl in der Schule (siehe Abb. 4a und 4b).

Von ähnlichen Unterschieden in den Vorkenntnissen zwischen Studierenden des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens wird auch von den Hochschulen Kempten und Esslingen berichtet [Stiefenhofer et al. 2017], [Käss 2017]. Dort werden allerdings Mathematik-Kenntnisse gemessen.

### Zeitlicher Abstand zwischen Hochschulzugangsberechtigung und Studium

Nur die Hälfte der Studierenden fängt direkt nach Erlangen der Hochschulzugangsberechtigung mit dem Studium an (siehe Abb. 5). Die Ergebnisse des FCI-Vortests zeigen keine Korrelation mit der Wartezeit zwischen Hochschulzugangsberechtigung und Studienstart, d.h. im Rahmen der Streuung sind die Vortestergebnisse unabhängig von der Wartezeit (Daten hier nicht gezeigt).

Die aktuellen Rosenheimer FCI-Vortest-Daten können denen aus einer Studie [Girwidz et al. 2003] vom WS 2001/02 mit 1.125 Studienanfängern aus zehn Studiengängen der Fachhochschulen Esslingen und Mannheim (553 TN) und der Universität Würzburg (572 TN) gegenübergestellt werden. Abb. 10 zeigt, dass der Mittelwert der FCI-Vortest-Punkte

Mittelwert und Standardabweichung der Punkte im FCI-Vortest				
Schultyp		FH Esslingen& Mannheim, Universität Würzburg WS 2001/02 [Girwidz et al. 2003]		Hochschule Rosenheim WS 2013/14 bis WS 2015/16 (Diese Arbeit)
<b>Gymnasium</b>		13,5 ± 6,5	(#842)	12,2 ± 5,1 (#616)
Physik abgewählt /	0 h	10,4 ± 4,9	(#374)	11,1 ± 4,6 (#292)
Physik Grundkurs /	3–4 h	13,9 ± 5,8	( #234)	14,7 ± 5,8 (3–4 h Physik #132)
	1–2 h			12,2 ± 4,7 (1–2 h Physik #188)
	gemittelt			13,2 ± 5,3 (gesamt #320)
Physik Leistungskurs		18,6 ± 6,1	(#199)	fehlt
<b>Fachhochschulreife (FOS/BOS)</b>		13,8 ± 6,2	(#283)	11,9 ± 5,7 (gesamt #746)
				13,9 ± 5,7 (Technik #464)
				8,7 ± 4,1 (Andere #282)
<b>Insgesamt</b>		13,6 ± 6,4	(#1.125)	11,9 ± 5,4 (#1.375)

**Abb. 10: Vergleich der Rosenheimer FCI-Vortest-Daten mit der Studie vom WS 2001/02 von [Girwidz et al. 2003].** Erreichte Punkte im FCI-Vortest als Funktion des letzten Schulabschlusses und Menge des Physikunterrichts in den letzten beiden Schuljahren für Erstsemester aus dem WS 2001/02 mit 1.125 Studienanfängern aus zehn Studiengängen der Fachhochschulen Esslingen und Mannheim (553 TN) und der Universität Würzburg (572 TN). #: Zahl der Studierenden.

Studiengang (Fachhochschule/Jahr)	MB/ET FH Esslingen 2001/02	MB/EIT Hochschule Rosenheim 2013/14 bis 2015/16
Mittelwert FCI-Vortest	14,2 ± 5,9 (#451)	14,7 ± 6,3 (#276)

**Abb. 11: Vergleich der Rosenheimer FCI-Vortest-Daten mit der Studie vom WS 2001/02 von [Girwidz et al. 2003] für die Studiengänge Maschinenbau (MB) und Elektrotechnik (ET) bzw. Elektro-Informationstechnik (EIT). #: Anzahl Studierende.**

über alle Studierende heute in Rosenheim  $11,9 \pm 5,4$  beträgt, während er 2001  $13,6 \pm 6,4$  war. Diese Mittelwerte sind jedoch nicht ohne weiteres vergleichbar, da sich die Studie 2001 über andere Studiengänge inklusive einem universitären Physikstudium erstreckt.

Schlüsselt man die Ergebnisse der FCI-Vortests nach schulischer Vorbildung im Detail auf, erkennt man in Abb. 10, dass vom Gymnasium kommende Studierende mit ähnlicher Physikstundenzahl in der Oberstufe 2001 und heute im Mittel ähnliche FCI-Vortest-Punkte erzielen (Physik abgewählt: 10,4 zu 11,1; Physik nicht abgewählt: 13,9 zu 13,2 Punkte im Mittel). Das Niveau von 18,6 der Physikleistungskurse, die oft im Physikstudium zu finden sind, ist nicht vorhanden.

In Abb. 10 ist außerdem erkennbar, dass die Studierenden mit Fachhochschulreife 2001 und die Studierenden der FOS/BOS-Technik die gleichen FCI-Vortest-Punkte von 13,8 bzw. 13,9 im Mittel erzielen. Im Gegensatz dazu beträgt der von Studierenden von FOS/BOS-Andere erreichte Mittelwert nur 8,7. Sie liegen im Schnitt mehr als 5 Punkte unter dem Ergebnis der FOS/BOS-Technik-Abgänger<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Bei dem Wert von 13,8 für die Fachhochschulreife von 2001 wird nicht unterschieden, ob die Studierenden von einer technischen oder einer anderen Fachoberschule kommen. Schon 2001 durften zwar alle Schüler mit Fachhochschulreife alle Fächer an FHs studieren, aber wir vermuten, dass damals der Anteil Studierender mit technischer Fachhochschulreife größer war als heute. Laut Aussage des bayerischen Staatsministeriums ist als Trend der letzten Jahre bekannt, dass Absolventen nichttechnischer Fachrichtungen vermehrt technische Studiengänge studieren. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurden im neuen Lehrplan deshalb entsprechende Maßnahmen ergriffen [ISB2017].

Auf Studiengangsebene vergleichbare Daten hat man, wenn man die Rosenheimer Daten der EIT- und MB-Studierenden denen der Elektrotechnik- und Maschinenbau-Studenten aus Esslingen aus der Studie von [Girwidz et al. 2003] gegenüberstellt, siehe Abb. 11.

Vergleicht man Studierende von 2001 und 2013–15, die den gleichen Schultyp besucht und einen ähnlichen Umfang Physikunterricht in der Oberstufe hatten, bleibt das FCI-Vortest-Ergebnis auf ähnlichem Niveau.

Insgesamt wird gezeigt, dass die Hauptursache für das im Mittel schlechtere Abschneiden der in dieser Arbeit untersuchten Studienanfänger im Vergleich zu 2001 an der erhöhten Zahl Studierender von FOS/BOS-Andere liegt. Diese finden sich vermehrt im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen.

## Zusammenfassung und Ausblick

Das Vorwissen der Studierenden der Ingenieurwissenschaften an der Hochschule Rosenheim in Mechanik, gemessen mit dem Mechanik-Konzepttest (FCI) in Kombination mit Angaben zur Art der Hochschulzugangsberechtigung und zum Umfang an wöchentlichem Physikunterricht in der Schule zeigt ein heterogenes Bild.

Insgesamt stammen rund 45% dieser Erstsemester vom Gymnasium, 35% von der FOS/BOS-Technik und 20% von nichttechnischen FOS-BOS-Zweigen (meist Wirtschaft oder Soziales).

Im FCI-Vortest erreichen bei jeweils gleicher Physikstundenzahl in der Oberstufe im Mittel die Absolventen des Gymnasiums und der FOS/BOS-Technik gleich viele Punkte. Im Gegensatz dazu erzielen die Studierenden der nichttechnischen FOS/BOS-Zweige deutlich geringere Werte.

Bei der Wahl der Studiengänge wird eine ausgeprägte Selbstselektion der Studierenden beobachtet. Studierende der klassischen Ingenieurfächer Maschinenbau (MB) und Elektro- und Informationstechnik (EIT) erreichen deutlich höhere Werte im FCI-Vortest als Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens (WI). Die Studierenden von MB/EIT haben im Mittel viel Physikunterricht in der Schule, sie kommen zu 90% von der FOS/BOS-Technik oder vom Gymnasium. Bei den WI-Studierenden stammen 40% von einer nichttechnischen FOS/BOS und bringen dementsprechend ein deutlich geringeres Vorwissen in Mechanik mit.

Vergleicht man die Werte der FCI-Vortest-Ergebnisse mit einer Studie aus dem Jahre 2001, so zeigt sich, dass Studierende, die den gleichen Schultyp besuchen und einen ähnlichen Umfang an Physikunterricht in der Oberstufe haben, im Mittel ein ähnliches FCI-Vortest-Niveau erreichen.

Allerdings ist der Mittelwert über alle untersuchten Studierenden in der vorliegenden Studie um etwa zwei Punkte geringer, da es eine erhebliche Gruppe Studierender von der nichttechnischen FOS/BOS gibt, die mit nur marginalen Mechanik-Vorkenntnissen ein Ingenieurstudium beginnt.

Zusammenfassend wird gezeigt, dass die Studienanfänger nicht insgesamt schlechtere Vorkenntnisse in Mechanik haben, sondern dass es eine sehr große Heterogenität gibt. Daraus ergeben sich folgende Fragen:

- Wie soll mit dieser Heterogenität der Studienanfänger umgegangen werden?
- Müssen die hohen Schwundraten in MINT-Fächern als systembedingt angesehen werden, und ist mit ihnen dauerhaft zu rechnen, wenn das Niveau gehalten werden soll?
- Wenn Studierende die Chance bekommen sollen, Defizite in den MINT-Vorkenntnissen aufzuholen – ist zusätzlicher Unterricht (schulisch oder Vorsemester) ein wirksames Mittel? Sollten Studiengänge mit „Slow tracks“ eingerichtet werden (siehe Hochschule Karlsruhe [HS-KA 2017])? Kann mit mehr Unterricht die Heterogenität ausgeglichen werden?
- Können aktivierende und auf das Konzeptverständnis abzielende Lehrmethoden helfen? Aufgrund unserer Untersuchung würden wir dies nur teilweise bejahen – siehe Teil 3 dieser DiNa.
- Wie ist die Verantwortung des Kontextes zu sehen, wenn junge Menschen durch die Aufweichung der Zulassungsbedingungen für ein Studium zugelassen werden, für das ihnen eigentlich die Vorkenntnisse fehlen? Wie gut wird informiert? Wie gut wird die Information wahrgenommen?
- Wie würden sich die Anstrengungen der Hochschulen diesbezüglich verlagern, wenn sich die Mittelzuweisungen nicht nach den Anfängerzahlen, sondern nach anderen Kriterien richten würden?

## Teil 3:

# Lernzuwachs in Mechanik: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“

Silke Stanzel  
Elmar Junker  
Claudia Schäfle

## Wie wirken sich Unterschiede in Lehrmethoden, Hochschulzugangsberechtigung und Vorwissen auf den Lernzuwachs der Studienanfänger aus?

In dieser Arbeit wird mit Hilfe des „Force Concept Inventory“, einem etablierten Diagnostik-Test, der Lernzuwachs im Konzeptverständnis von Studienanfängern in der Newtonschen Mechanik untersucht. Das Ergebnis wird aufgeschlüsselt nach dem Einfluss der Lehrmethode, der Studienzugangsberechtigung und dem Umfang schulischen Physikunterrichts. Die Daten basieren auf Testergebnissen von 778 Studierenden aus acht verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen an der Hochschule Rosenheim über den Zeitraum der drei Studienjahre 2013/14 bis 2015/16.

Im Ergebnis zeigt sich, dass bei Verwendung aktivierender und auf das Konzeptverständnis hinzielender Lehrmethoden im Vergleich zu traditionellem seminaristischen Unterricht ein signifikant höherer Lernzuwachs im Bereich der Mechanik erzielt wird. Im Detail weisen die Daten im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen darauf hin, dass dieser Lernzuwachs nahezu gleich für die Gruppen mit unterschiedlicher Hochschulzugangsberechtigung bzw. unterschiedlichem Umfang schulischen Physikunterrichts ist. Das bedeutet insbesondere, dass die Heterogenität der Studienanfänger in ihrem Konzeptverständnis der Mechanik innerhalb des ersten Studienjahres erhalten bleibt.

### 1. Ziel der Untersuchung

Der Test „Force concept inventory“ (FCI) wurde 1990 in den USA entwickelt, um typische Fehlkonzepte von Schülern und Studienanfängern im Bereich der Newtonschen Mechanik für die Lehrenden aufzudecken [Hestenes et al. 1992]. Im Laufe der Zeit hat er sich auch als Messinstrument etabliert, um den Lernzuwachs von Schülern und Studierenden zu quantifizieren. In den USA gibt es z. B. schon seit langem Untersuchungen, die damit die Wirksamkeit aktivierender und konzeptverständnisorientierter Lehrmethoden in Physiklehrveranstaltungen im Vergleich zu traditioneller Lehre bewerten (siehe z. B. die Meta-Studie von [Hake 1998]).

Die im Teil 2 dieser DiNa vorgestellten Ergebnisse des FCI-Tests zu Studienbeginn werden in der vorliegenden Arbeit um die Ergebnisse des gleichen Tests nach ein bis zwei Semestern Physikunterricht an der Hochschule Rosenheim ergänzt. Es wird dabei auf folgende Fragestellungen eingegangen:

- Lässt sich für die in Teil 1 dieser DiNa beschriebenen Lehrmethoden JiTT, PI und spezielle Tutorials ein signifikanter Unterschied im Lernzuwachs gegenüber den konventionellen Unterrichtsmethoden nachweisen?
- Wie wirkt sich die in Teil 2 dieser DiNa aufgezeigte Heterogenität der Studierenden auf ihren jeweiligen Lernzuwachs aus?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen im FCI-Nachtest und den Klausurergebnissen?

### 2. Methodik

#### 2.1 Datenbasis

Wir erheben an der Hochschule Rosenheim seit 2013 mit Hilfe des FCI-Tests das Konzeptverständnis der Newtonschen Mechanik der Studierenden in acht ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Diese Erhebung findet zum einen als Vortest direkt zum Studieneinstieg in den ersten



Semesterwochen statt, zum anderen als Nachtest nach ein bis zwei Semestern Unterricht in den physikalischen Grundlagen. Mit den Testergebnissen lassen sich sowohl Aussagen über das unterschiedliche Niveau der Vorkenntnisse der Studierenden treffen (s. Teil 2 dieser DiNa), als auch über ihren Lernzuwachs innerhalb der ersten ein bis zwei Semester.

In den ersten Wochen des ersten Semesters wird den Studierenden ohne Vorbereitung der FCI-Test zum Ausfüllen im Unterricht vorgelegt. Auf dem Antwortbogen geben die Studierenden auch Informationen zur Art der Hochschulzugangsberechtigung und zur Menge ihres wöchentlichen schulischen Physikunterrichts in den letzten beiden Schuljahren an (Details zur Methodik und zum Test siehe Teil 2 dieser DiNa). Im ersten Semester ist in allen untersuchten Studiengängen die Newtonsche Mechanik Inhalt des Physikunterrichts. Je nachdem, ob der Physikkurs sich über ein oder zwei Semester erstreckt, wird der Test zum Ende des ersten Semesters oder in der Mitte des zweiten Semesters wiederholt (sog. Nachtest). Mit Hilfe der Matrikelnummer ist es möglich, jedem Nachtest ein Vortestergebnis eindeutig zuzuordnen.

Von den Tests zu Beginn des ersten Studiensemesters liegen in Summe über die acht verschiedenen Studiengänge und drei Jahrgänge rund 1.400 Einzelergebnisse vor. Dagegen ist die Teilnahme an den oben beschriebenen Nachtests mit 778 Antwortbögen deutlich geringer. Eine Ursache für diese Reduktion an Testergebnissen ist, dass nicht in allen Kursen, in denen ein Vortest durchgeführt wurde, auch ein Nachtest erfolgte. Des Weiteren sind zum Zeitpunkt des Vortests, also in den ersten Semesterwochen, nahezu alle eingeschriebenen Studierenden anwesend. Eine derart hohe Anwesenheitsquote wird zum Termin des Nachtests nicht mehr erreicht. Einerseits haben bis zum Nachtest bereits einige Studierende ihr Studium abgebrochen oder ihr Studienfach gewechselt, andererseits aber ist die Teilnahme an den Tests freiwillig. Je nachdem, in welchem Zusammenhang der Test durchgeführt wird und wie sehr es dem

Dozenten gelingt, zur Teilnahme am Test zu motivieren, schwankt der Anteil der Studierenden am Nachtest zwischen einem und zwei Dritteln. Die Analyse der Daten zeigt jedoch, dass es keine spezielle Gruppe von Studierenden ist, die zum Nachtest nicht mehr erscheint. Es sind sowohl Studierende mit guten als auch mit schlechten Vortestergebnissen dem Nachtest ferngeblieben. Es können daher auch keine Schlussfolgerungen gezogen werden über mögliche Abbruchgründe oder ähnliches. Im Vergleich zu anderen Studien ist die erreichte Teilnahmequote von ca. 50% im Nachtest sogar ein hoher Wert [Girwidz et al. 2003].

Im Folgenden werden Ergebnisse des Nachtests mit denen des Vortests verglichen. Dabei werden jeweils nur die Ergebnisse des Vortests derjenigen Studierenden herangezogen, zu denen es auch Nachtestergebnisse gibt.

## 2.2 Messung des Lernzuwachses mit dem Force Concept Inventory

Zur Bewertung des Lernzuwachses können im einfachsten Fall die Verteilungen der in Vor- und Nachtest erreichten Punkte einer Gruppe von Studierenden dargestellt werden. Üblicherweise werden die Mittelwerte dieser Verteilungen verglichen.

Neben dieser absoluten Punktzahl hat sich insbesondere durch die Meta-Studie von Hake [Hake 1998] in der Literatur die Auswertung eines *gain* durchgesetzt. Der *gain* ist dabei definiert als das Verhältnis des erreichten Punktezugewinns  $P_{\text{nach}} - P_{\text{vor}}$  zwischen Nachtest ( $P_{\text{nach}}$ ) und Vortest ( $P_{\text{vor}}$ ) zu dem jeweils maximal möglichen Punktezugewinn  $P_{\text{max}} - P_{\text{vor}}$ , wobei der im FCI-Test maximal erreichbare Wert  $P_{\text{max}} = 30$  ist.

Definition:

$$\text{gain} = \frac{\text{erreichter Punktezugewinn}}{\text{maximal möglicher Punktezugewinn}} = \frac{P_{\text{nach}} - P_{\text{vor}}}{P_{\text{max}} - P_{\text{vor}}}$$

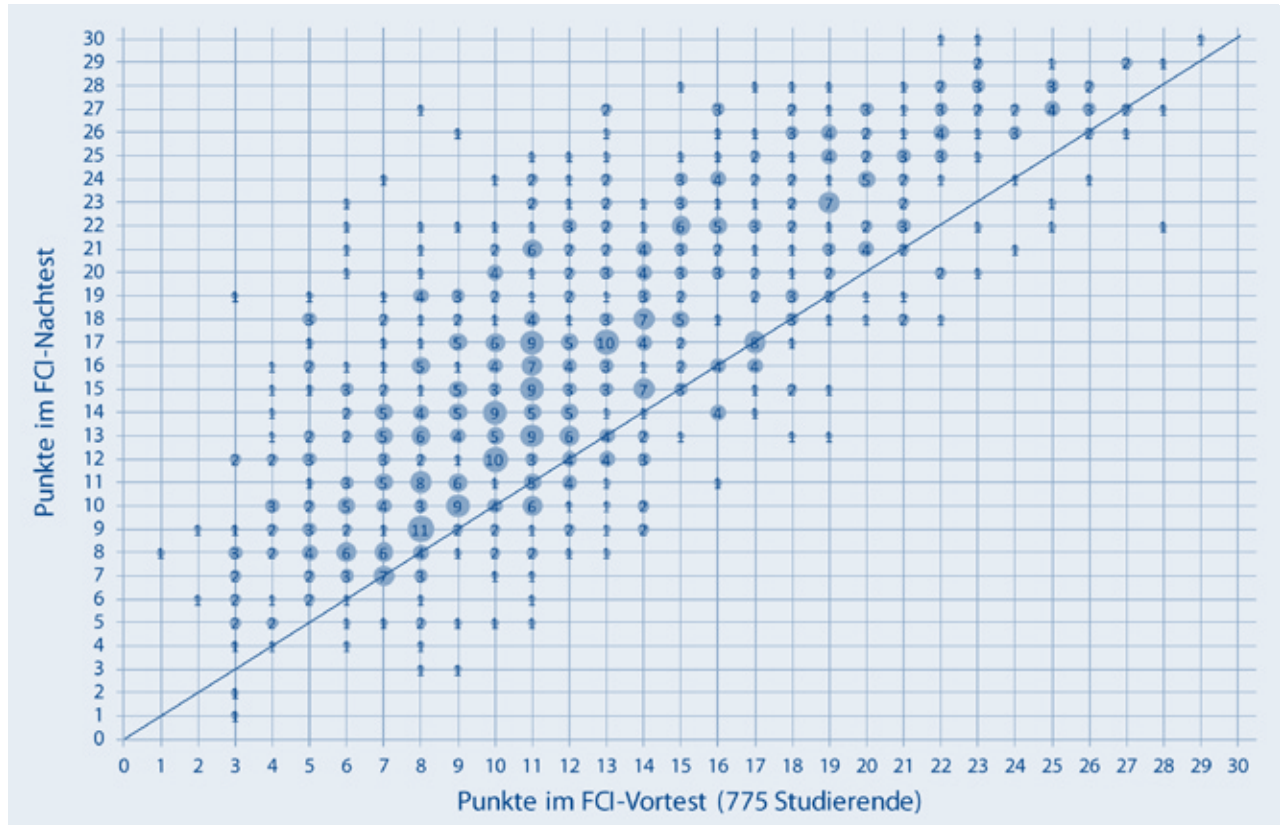
Hintergrund für diese Definition ist die Annahme, dass aufgrund der maximal möglichen Punktzahl von 30 ein Punktezugewinn von z. B. 4 Punkten für jemanden, der im Vortest nur  $P_{\text{vor}} = 10$  Punkte erzielt hatte, einfacher zu erreichen ist ( $\text{gain} = 0,2$ ) als für jemanden, der im Vortest bereits 20 Punkte hatte ( $\text{gain} = 0,4$ ).

Der so definierte *gain* kann sowohl für jedes individuelle Testergebnis berechnet werden als auch bezogen auf den Mittelwert der Verteilung einer Testgruppe. Letzteres wurde in der bereits erwähnten Meta-Studie von Hake [Hake 1998] durchgeführt, da die Einzelergebnisse dort für die Auswertung nicht vorlagen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Lernzuwachs der gesamten Studierendengruppe

In Abb. 1 sind die erreichten Punkte im Nachtest in Abhängigkeit von den jeweils im Vortest erhaltenen Punkten aufgetragen. Auf der durchgezogenen Linie befinden sich die wenigen Ereignisse, bei denen Vor- und Nachtest die gleiche Punktzahl erreicht haben. Die Ereignisse unterhalb der Linie zeigen die Fälle auf, in denen im Nachtest weniger Punkte als im Vortest erzielt wurden. Das ist nicht etwa damit gleichzusetzen, dass das Konzeptverständnis zwischen Vor- und Nachtest abgenommen hätte. Vielmehr liegt es in der Art



**Abb. 1: Erreichte Punkte im FCI-Vor- und -Nachtest für jeden Studierenden.** Die Größe der Kreise und die Zahl darin geben an, wie viele Ereignisse mit diesem Ergebnis vorliegen.

des Multiple Choice Tests begründet, dass einige richtige Ergebnisse auch zufällig ausgewählt sein können und nicht ein echtes Verständnis wiedergeben. In den Ergebnissen ist also auch stets eine statistische Schwankung enthalten. Das Gros der Daten liegt oberhalb bis weit oberhalb der Linie und zeigt, dass die allermeisten Studierenden unabhängig von Vorkenntnissen, Studiengang oder Lehrform im Laufe der ersten ein bis zwei Semester ihr Konzeptverständnis in der Mechanik verbessern.

Für einen quantitativen Vergleich zwischen Vor- und Nachtest sind in Abb. 2 jeweils Mittelwert, Median und Quartile der Verteilung aller 778 Ergebnisse derselben Studierenden als Boxplot dargestellt. In dieser Auftragung wird sichtbar, dass sich die Verteilung vom Vor- zum Nachtest hin zu höheren Werten verschiebt und gleichzeitig sowohl breiter als auch symmetrischer wird, da im Nachtest Median und Mittelwert näher beieinander liegen als im Vortest. Im Vortest trägt offenbar ein kleiner Anteil sehr guter Ergebnisse zur Asymmetrie der Verteilung bei. Diese können im Nachtest kaum Punkte hinzugewinnen, während die Studierenden mit den schlechteren Vortestergebnissen zumindest teilweise aufgeholt haben. Der Mittelwert der Verteilung ist vom Vortest zum Nachtest um 4 Punkte auf 16,5 Punkte angestiegen.

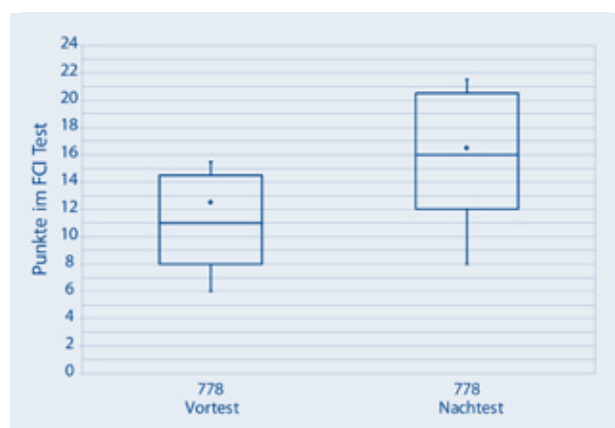
Der Zugewinn an Punkten lässt sich auch über den im vorigen Abschnitt definierten *gain* beziffern. Aus der Berechnung des *gain* jedes einzelnen der 778 Testergebnisse ergibt sich unabhängig von Vorwissen, Studiengang oder Lehrform im Mittel ein *gain* von 0,24.

Es stellt sich die Frage, ob Unterschiede in der Lehrform, in der Art der Hochschulzugangsberechtigung oder im Umfang des Physikunterrichts an der Schule Einfluss auf den Lernzuwachs an der Hochschule haben. Dies wird im Folgenden analysiert.

### 3.2 Lernzuwachs in Abhängigkeit der Lehrmethode

In Teil 1 dieser DiNa wird die Wirksamkeit der aktivierenden und konzeptverständnisorientierten Lehrmethoden JiTT, PI und spezieller Tutorials aufgrund von Evaluationen belegt. Hier folgt nun die quantitative Bewertung mit Hilfe der Testergebnisse aus dem FCI.

Die Lehrmethoden Just-in-Time-Teaching (JiTT), Peer-Instruction (PI) und spezielle Tutorials (s. Teil 1 dieser DiNa) wurden von drei Dozenten in fünf verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen eingesetzt. Der spezielle Methodenmix sowie der Umsetzungsgrad variierten dabei sowohl von Dozent zu Dozent als auch im gleichen Studiengang bei gleichem Dozenten über den zeitlichen Verlauf der drei untersuchten Jahre. Als Vergleichsgruppe dazu dienen drei andere Studiengänge, in denen über den gleichen Zeitraum konventioneller seminaristischer Unterricht von anderen Dozenten durchgeführt wurde. Dieser Unterricht



**Abb. 2: Verteilung der im FCI-Vortest und -Nachtest erreichten Punkte für alle 778 Studierenden aus acht Studiengängen der Jahre 2013/14 bis 2015/16; die Boxplots geben den Median (Mittelstrich) mit unterem und oberem Quartil an, die Whisker die 10%- bzw. 90%-Grenze der Verteilung, das Symbol  $\blacklozenge$  den Mittelwert (zur Erklärung der Boxplots siehe auch Abb. 8b in Teil 2 dieser DiNa).**

enthält als aktivierende Elemente Fragen und Diskussionen, Übungsaufgaben und Murrelgruppen, jedoch keine systematische Vorbereitung der Studierenden auf den Unterricht wie JiTT sie bietet und keinen kontinuierlichen Einsatz konzeptverständnisorientierter Methoden wie PI oder spezielle Tutorials.

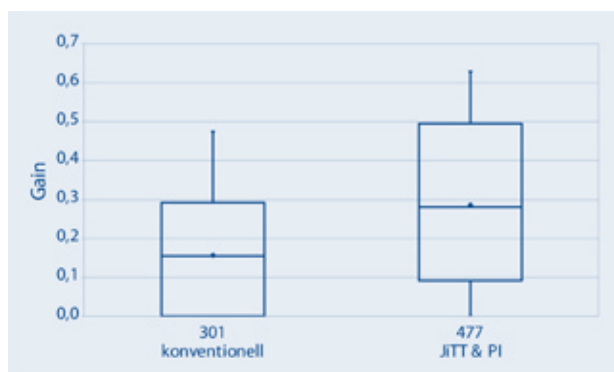


Abb. 3: Verteilung des nach Definition (Seite 25) für jeden Studierenden berechneten *gain* getrennt nach Unterricht mit den Lehrmethoden JiTT und PI im Vergleich zu konventionellem seminaristischem Unterricht

Das Ergebnis ist in Abb. 3 dargestellt: in der Gruppe der Studiengänge mit den Lehrmethoden JiTT und PI liegt der *gain* im Mittel bei 0,29, während im konventionellen Unterricht der Mittelwert des *gain* 0,16 beträgt. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant: der Wilcoxon-Rangsummentest, der für nicht normal verteilte Größen verwendet wird, ergibt einen p-Wert von  $10^{-12}$ , d. h. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha > p$  ist der Unterschied der beiden Mediane signifikant. Die gleiche Aussage erhält man auch mit dem klassischen (Welch-Two-Sample-) t-Test, der allerdings nur für normalverteilte Grundgesamtheiten angewendet werden sollte [Wellisch 2017].

Durch die Gruppierung aller Ergebnisse nach den zwei Lehrformen ist nicht mehr sichtbar, dass innerhalb jeder Gruppe aufgrund anderer Einflussfaktoren wie Selbstselektion der Studierenden bei der Studiengangwahl, verschiedene Dozenten oder unterschiedliche Lehrpläne z.T. große Unterschiede von Studiengang zu Studiengang existieren. Für die drei Studiengänge mit konventioneller Unterrichtsform variiert der Mittelwert des *gain* zwischen 0,09 und 0,27, für die fünf Studiengänge mit JiTT, PI und speziellen Tutorials zwischen 0,18 und 0,38 (s. Abb. 4).

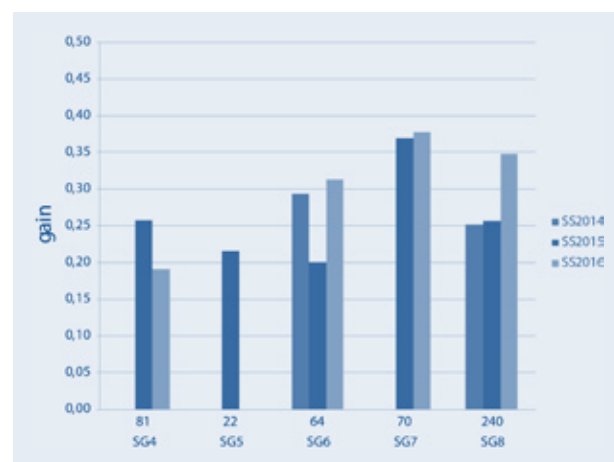
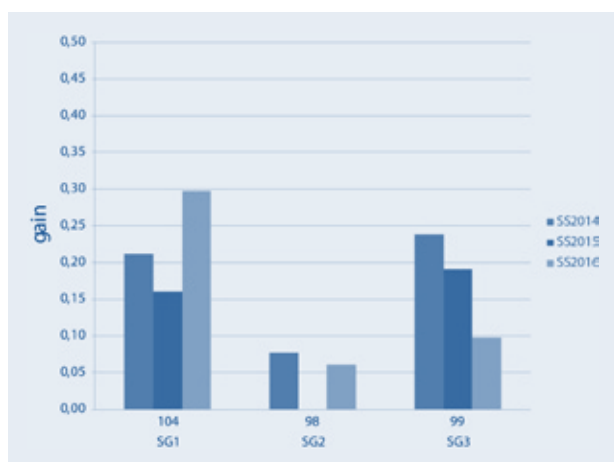


Abb. 4: Mittelwert des *gain* für die drei untersuchten Jahrgänge 2013/14 bis 2015/16: links für drei Studiengänge (SG) mit konventionellen Lehrmethoden, rechts für fünf Studiengänge mit den Methoden JiTT und PI. Die Zahlen oberhalb der Studiengangsbezeichnungen geben jeweils die Anzahl der Studierenden an.

Dabei sind die Unterschiede im Mittelwert des *gain* in der Regel von Studiengang zu Studiengang größer als im Verlauf der Studienjahre innerhalb eines Studiengangs. Dies könnte mit der im vorigen Artikel aufgezeigten Selbstselektion der Studierenden bei ihrer Studiengangswahl zusammenhängen (s. Teil 2 dieser DiNa).

Der Studiengang mit dem geringsten *gain* (0,09) befindet sich in der Gruppe mit konventionellen Lehrmethoden. Um sicherzustellen, dass dadurch das Ergebnis nicht verfälscht wird, haben wir die statistische Analyse nochmal ohne die Daten dieses Studiengangs durchgeführt. Der Wilcoxon-Rangsummentest ergibt in diesem Fall immer noch ein  $p$  von  $10^{-5}$ . Es bleibt also ein signifikanter Unterschied zwischen den Lehrmethoden bestehen.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist aus folgenden Gründen Vorsicht geboten:

- Es gibt, wie meist bei solchen Untersuchungen, einen Stichproben-Bias. Das heißt, es gibt Faktoren mit möglichem Einfluss auf den *gain*, die in der Datenerhebung nicht getrennt werden konnten. Das könnten Unterschiede im Lehrplan der verschiedenen Studiengänge sein, in der Persönlichkeit der Lehrenden, in der Wahl der Lernziele und insbesondere in der Selbstselektion der Studierenden. Um diese Faktoren zu umgehen, hätte man alle Studiengruppen teilen müssen und die zwei Gruppen vom jeweils gleichen Dozenten mit den zwei unterschiedlichen Lehrmethoden unterrichten lassen müssen. Dies ist natürlich kaum umsetzbar.
- Der FCI-Test wurde mit dem Ziel entwickelt, speziell das Konzeptverständnis in der Newtonschen Mechanik zu messen und dem Dozenten Rückmeldung über vorhandene Fehlkonzepte zu geben. Seit den 1990er Jahren ist er als Messmethode weit verbreitet und wird in den USA auch zur Bewertung von Lehrveranstaltungen verwendet. Als solche pauschale Bewertung von Lehrveranstaltungen ist der FCI-Test jedoch kritisch zu sehen, da das Konzeptverständnis der Newtonschen Mechanik nur eines von vielen, ganz unterschiedlichen Lernzielen ist.

- Die Trennlinie zwischen konventionellem seminaristischem Unterricht und dem Unterricht mit den Methoden JiTT, PI und speziellen Tutorials ist nicht immer eindeutig zu ziehen. Zum einen werden auch im konventionellen seminaristischen Unterricht viele aktivierende Lehrmethoden eingesetzt, zum anderen variiert das Ausmaß der Umsetzung der Methoden JiTT, PI und spezieller Tutorials von Kurs zu Kurs.
- Die Daten geben keinerlei Hinweis darauf, welche Elemente der Methoden JiTT, PI und spezielle Tutorials ursächlich sind für den höheren *gain* im FCI-Test. So kann z. B. der Einfluss der kontinuierlichen Mitarbeit der Studierenden auf den Lernzuwachs nicht von der Fokussierung des Präsenzunterrichts auf Verständnisschwierigkeiten unterschieden werden.

Trotz dieser genannten Gründe zeigen die Daten, dass die Studierenden mit den aktivierenden und konzeptverständnisorientierten Lehrformen JiTT, PI und spezielle Tutorials im Mittel einen signifikant höheren Lernzuwachs im Konzeptverständnis in der Newtonschen Mechanik erreicht haben als mit konventionellem Unterricht.

Ähnliche Ergebnisse wurden schon vor 20 Jahren von US-amerikanischen Universitäten, Colleges und High-Schools veröffentlicht. In einer Metastudie über 62 Kurse unterschiedlicher Lehrinrichtungen wird bei traditionellen Lehrveranstaltungen aus den Mittelwerten der Ergebnisse im FCI-Vor- und -Nachtest ein *gain* von  $0,23 \pm 0,04$  berechnet und im Vergleich dazu für Lehrveranstaltungen mit aktivierenden Methoden ein *gain* von  $0,48 \pm 0,14$  [Hake 1998]. Der *gain* ist dabei für jeden Kurs separat anhand der Kurs-Mittelwerte der erreichten Punkte im Vortest  $\langle P_{\text{vor}} \rangle$  und im Nachtest  $\langle P_{\text{nach}} \rangle$  berechnet worden:

$$\text{gain}_{\text{Kurs}} = \frac{\langle P_{\text{nach}} \rangle - \langle P_{\text{vor}} \rangle}{P_{\text{max}} - \langle P_{\text{vor}} \rangle}$$

Für jede Gruppe von Kursen sind dann Mittelwert und Standardabweichung dieser Werte über alle Kurse angegeben.

Bei der Auswertung unserer Ergebnisse nach der gleichen Methode ergibt sich für die Gruppe mit konventionellen Lehrmethoden ein *gain* von  $0,17 \pm 0,07$  und für die Gruppe mit JiTT, PI und speziellen Tutorials ein *gain* von  $0,26 \pm 0,07$  (siehe Tabelle 1). Dabei fällt ins Auge, dass unsere Daten in beiden Gruppen jeweils deutlich niedrigere *gain*-Mittelwerte aufweisen als die Daten aus den USA. Dazu ist anzumerken, dass in der Metastudie aus den USA durchaus kritisch bewertet wird, dass viele Testergebnisse nicht veröffentlicht werden und die zugänglichen Daten mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund ihrer guten Ergebnisse selektiert wurden. Wir haben hingegen als Datengrundlage alle Testergebnisse der Studienjahre 2013/14 bis 2015/16 an der Hochschule Rosenheim ohne Selektion verwendet. Dies kann einer der Gründe dafür sein, dass unsere Mittelwerte niedriger sind als die der Metastudie.

	Anzahl Test- teilnehmer	Lehrform	
		konven- tionell	JiTT & PI
HS Rosenheim	778	$0,17 \pm 0,07$	$0,26 \pm 0,07$
Metastudie USA	6542	$0,23 \pm 0,04$	$0,48 \pm 0,14$

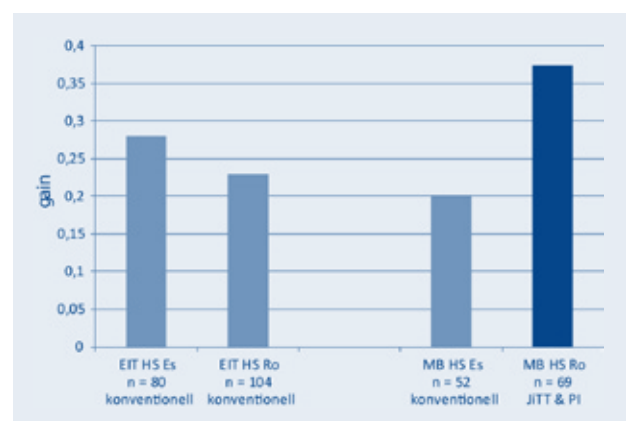
**Tabelle 1: Auswertung von 19 Kursen an der Hochschule Rosenheim im Vergleich zu den 62 Kursen aus der Metastudie von Hake [Hake 1998].** Die Berechnung des *gain* erfolgt in diesem Fall für jeden Kurs separat anhand der Mittelwerte der erreichten Punkte im Vortest  $\langle P_{vor} \rangle$  und

$$\text{im Nachtest } \langle P_{nach} \rangle: \text{gain}_{Kurs} = \frac{\langle P_{nach} \rangle - \langle P_{vor} \rangle}{P_{max} - \langle P_{vor} \rangle}$$

Für jede Gruppe sind Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Dadurch kommt es zu geringfügig anderen Werten als in der Darstellung nach Abb. 3, für die der *gain* jeweils für jeden Studierenden individuell ausgewertet wurde.

Trotz des unterschiedlichen absoluten Niveaus bestätigen unsere Daten den Befund aus den USA, dass die aktivierenden und konzeptverständnisorientierten Lehrformen im Vergleich zu konventionellem Unterricht einen signifikant höheren *gain* im FCI-Test erzielen.

Es bietet sich ein weiterer Vergleich mit Daten der Hochschule Esslingen [Girwidz et al. 2003] an, die bereits in Teil 2 dieser DiNa für einen Vergleich mit den Daten der Vortestergebnisse herangezogen werden. In Esslingen wurden im Wintersemester 2001/02 ebenfalls mit dem FCI-Test Daten für die Studiengänge Maschinenbau und Elektrotechnik mittels Vor- und Nachtest erhoben. Da auf die Unterrichtsform nicht eingegangen wird, muss angenommen werden, dass es sich um den traditionellen seminaristischen Unterricht an Fachhochschulen handelt. Damit wird im Studiengang Elektrotechnik ein *gain* von 0,28 erreicht. In Rosenheim wurde im Mittel über drei Jahre für die Elektrotechnik bei traditionellem Unterricht ein in etwa vergleichbarer Wert



**Abb. 5: Mittlerer gain im FCI-Test für die Studiengänge Elektro- und Informationstechnik (EIT) und Maschinenbau (MB) an den Hochschulen Esslingen (HS Es) und Rosenheim (HS Ro).** Der Unterricht im Studiengang Maschinenbau der Hochschule Rosenheim beinhaltet die aktivierenden Methoden JiTT und PI, in allen anderen Fällen handelt es sich um konventionellen seminaristischen Unterricht.

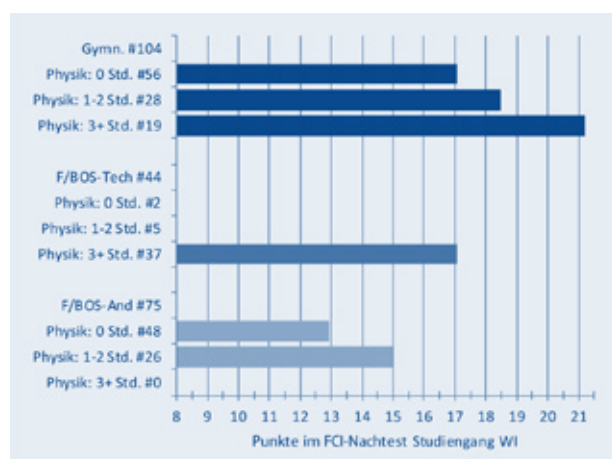
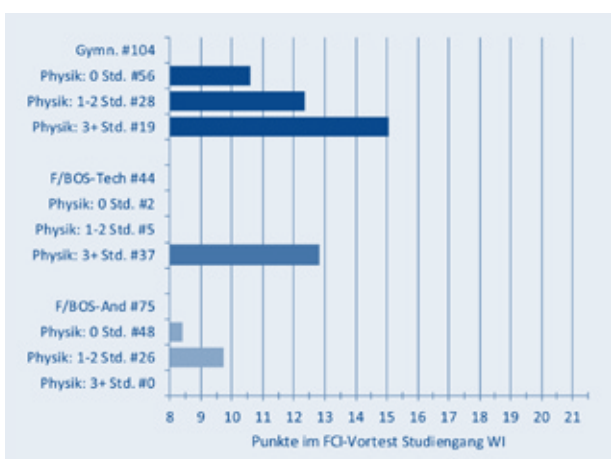
von 0,23 erreicht. Im Studiengang Maschinenbau wurde in Esslingen ein *gain* von 0,20 erzielt, während in Rosenheim mit aktivierenden Lehrmethoden im Mittel über zwei Studienjahrgänge ein *gain* von 0,37 erreicht wurde (s. Abb. 5). Dieser Vergleich ist durch die Beschränkung auf zwei Kurse statistisch nicht aussagekräftig. Aber die Daten stehen zumindest im Einklang mit dem Trend der obigen Auswertung.

### 3.3 Lernzuwachs in Abhängigkeit von Hochschulzugangsberechtigung und Anzahl der Schulphysik-Wochenstunden

Wie bereits im Teil 2 dieser DiNa beschrieben, unterscheiden sich die Ergebnisse der Studierenden in den FCI-Vortests abhängig davon, welche Schulform sie besucht haben und welchen zeitlichen Umfang an Physikunterricht sie dort hatten. Es stellt sich die Frage, inwieweit auch der weitere Lernzuwachs

in den Eingangssemestern von diesen Faktoren abhängt. Um eine Überlagerung mit den Einflüssen unterschiedlicher Lehrformen, Dozenten sowie der Selbstselektion durch die Studiengangswahl auszuschließen, werden im Folgenden nur die Ergebnisse eines Studiengangs analysiert. Dafür haben wir den Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen (WI) ausgewählt, da dessen Datensatz der umfangreichste ist.

In Abb. 6 sind aus diesem Datensatz die Mittelwerte der erreichten Punkte im FCI-Vor- und -Nachtest getrennt nach Art der Hochschulzugangsberechtigung und Umfang der Schulstunden Physik in den letzten zwei Schuljahren dargestellt. Dabei sind, wie bereits eingangs erläutert, nur solche Ergebnisse aus dem Vortest berücksichtigt, zu denen auch jeweils ein Ergebnis aus dem Nachtest vorliegt. In den zwei Gruppen der Abgänger der FOS/BOS-Technik mit weniger als drei wöchentlichen Schulstunden Physik sind nur sieben Studierende enthalten, daher wurden diese Gruppen nicht in die Auswertung aufgenommen.



**Abb. 6: Mittelwert der erreichten Punkte im FCI-Vor- und -Nachtest getrennt nach Art der Hochschulzugangsberechtigung und Umfang der Schulstunden Physik in den letzten zwei Schuljahren im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen** (drei Studienjahre von WS 2013/14 bis SS 2016, jeweils durchgängig mit den aktivierenden Lehrmethoden JiTT und PI).

Die Gruppe mit den meisten Punkten im Vortest bilden die Studierenden mit gymnasialem Abitur und mindestens drei Wochenstunden Physikunterricht in den letzten Schuljahren. Im Nachtest hat diese Gruppe sich im Mittel um sechs Punkte verbessert und erreicht damit wiederum im Vergleich zu allen anderen Gruppen die meisten Punkte. Die zwei Gruppen der Gymnasiasten mit weniger Schulstunden Physik verbessern sich ebenso um jeweils ca. sechs Punkte und behalten damit ihren Abstand zur führenden Gruppe aus dem Vortest auch im Nachtest bei. Demgegenüber verbessern sich die Gruppen aus der FOS/BOS im Nachtest jeweils nur um vier bis maximal fünf Punkte. Der Unterschied zu den Gymnasiasten wird also im Nachtest noch größer.

Sogar die Gruppe der Gymnasiasten, die in den letzten zwei Schuljahren keinen Physikunterricht mehr hatten, erreicht im Nachtest im Mittel das gleiche Ergebnis wie die Absolventen der FOS/BOS-Technik mit drei und mehr Wochenstunden Schulphysik und hat diese somit eingeholt.

Während also die Absolventen der FOS/BOS im Technikzweig mit vergleichsweise gutem Konzeptverständnis der Mechanik ein ingenieurwissenschaftliches Studium aufnehmen, ist die Zunahme an Punkten im FCI-Test bei dieser Gruppe am geringsten. Die Absolventen der FOS/BOS aus nicht-technischen Zweigen beginnen ein ingenieurwissenschaftliches Studium mit den geringsten Vorkenntnissen

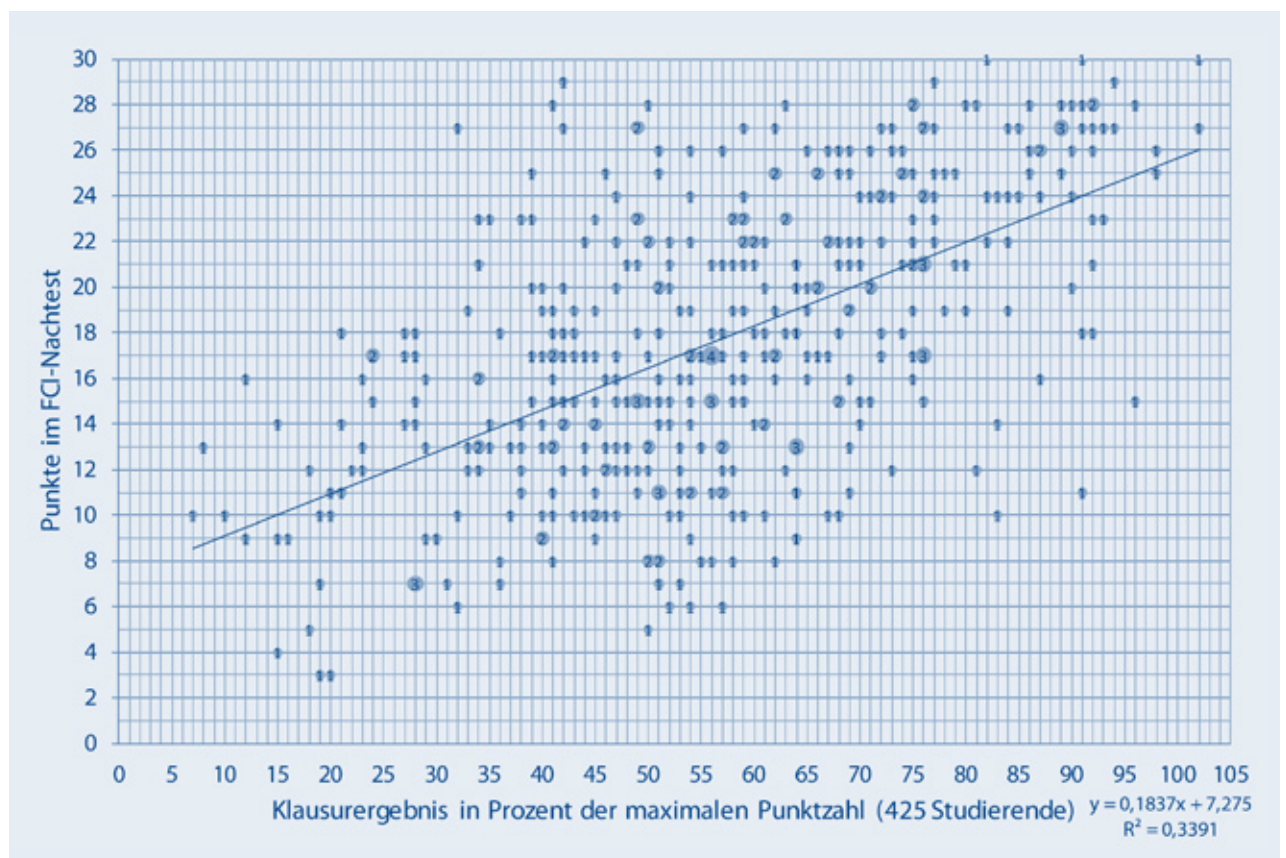


Abb. 7: Darstellung der Ergebnisse im FCI-Nachtest über den Klausurergebnissen



im Konzeptverständnis. Sie lernen im Laufe der ersten Semester dazu, was sich durch im Mittel fünf Punkte Zuwachs ausdrückt. Sie können aber den Abstand zu den anderen Gruppen nicht aufholen. Der Abstand zu den Gymnasiasten vergrößert sich sogar.

Der Unterschied im Konzeptverständnis dieser Gruppen wird also mit den aktivierenden Methoden im Verlauf des ersten Studienjahres nicht nivelliert. Es sieht eher so aus, als profitierten die Gymnasiasten am meisten von dem Unterricht, was den sog. Matthäus-Effekt der Lehr-Lern-Forschung bestätigen würde („*Wer hat, dem wird gegeben*“; siehe auch [Spitzer 2007]). Andererseits gewinnen die Absolventen der FOS/BOS aus nicht-technischen Zweigen ebenfalls mehr an Verständnis hinzu als die der FOS/BOS-Technik. Erklärungsversuche für diese Beobachtungen sind höchst spekulativ.

Dass die Unterschiede im Vorwissen durch den Physikunterricht im Laufe der ersten Semester an der Hochschule nicht nivelliert werden, könnte auf den ersten Blick bedauert werden. Unsere Beobachtungen im Unterricht führen uns jedoch zu einer äußerst positiven Bewertung des Effekts: die in JiTT und PI sowie den speziellen Tutorials gestellten Fragen und Diskussionsbeiträge der Studierenden beruhen nämlich nicht nur auf den gängigen Verständnisschwierigkeiten, sondern gehen oft auch weit über das gesteckte Lernziel hinaus. Studierende, die ihr Studium bereits mit einem guten Verständnis der Physik beginnen, werden durch diese Lehrformen offenbar ermutigt, ihren Verständnishorizont noch zu erweitern. Damit profitieren also nicht nur die Studierenden mit dem geringeren Vorwissen vom Unterricht, sondern es werden gleichzeitig gerade auch die Besseren gefördert.

### 3.4 Zusammenhang zwischen FCI-Nachtest und Prüfungsergebnissen

Es stellt sich die Frage, inwieweit die Ergebnisse des FCI-Tests Indikator für einen generellen Lernzuwachs im Fach Physik über die Mechanik hinaus sind. Zu diesem Zweck haben wir die FCI-Ergebnisse des Nachtests mit den erreichten Punktzahlen in der Klausur am Ende des Physikkurses in Bezug gesetzt (s. Abb. 7). Datengrundlage dafür sind die Kurse, in denen die Lehrmethoden JiTT, PI und spezielle Tutorials eingesetzt wurden. Daten von Studierenden, die in der Klausur weniger als 5% der möglichen Punktzahl erreicht haben, wurden für die Analyse entfernt, da in diesen Fällen die Klausuraufgaben offenbar nicht ernsthaft bearbeitet wurden.

Die Daten zeigen, dass Studierende mit hoher Punktzahl im FCI-Test tendenziell auch mehr Punkte in der Physikklausur erreichen. Die eingezeichnete Korrelationsgerade weist einen Korrelationskoeffizienten von  $R = 0,58$  auf, was auf einen schwachen bis mittelstarken positiven linearen Zusammenhang zwischen Klausurergebnis und erreichten Punkten im FCI-Nachtest hinweist. Allerdings sind die Prognoseintervalle durch die Streuung der Daten so groß, dass man ein Klausurergebnis mit kleiner Irrtumswahrscheinlichkeit anhand der FCI-Nachtest-Ergebnisse nicht vorhersagen kann. Bei der Interpretation der Daten muss berücksichtigt werden, dass die Klausur deutlich mehr Lernziele abprüft als der FCI-Test, der sich auf das Konzeptverständnis der Newtonschen Mechanik beschränkt. Neben einem deutlich breiteren fachlichen Spektrum fragt die Klausur auch weitere Kompetenzen wie Problemlösefähigkeiten und mathematische Techniken ab. Nicht zuletzt werden die Daten noch überlagert von Unterschieden in den Klausuren der verschiedenen Dozenten und Studiengänge.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Der Force Concept Inventory ist ein bewährter Test, mit dem sich der Lernzuwachs im Konzeptverständnis der Mechanik messen lässt. Die 778 Datensätze aus acht Ingenieurstudiengängen und drei Studienjahren an der Hochschule Rosenheim erlauben eine Analyse der Abhängigkeit des Lernzuwachses von Lehrmethode, Studiengang und Vorwissen. Es werden Ergebnisse aus den USA bestätigt, nach denen aktivierende und konzeptverständnisorientierte Lehrmethoden (JiTT, PI, spezielle Tutorials) im Vergleich zu konventionellem seminaristischem Unterricht einen signifikant höheren *gain* im FCI-Test erzielen.

Eine weitere Aufschlüsselung der Daten eines Studiengangs nach Hochschulzugangsberechtigung und Umfang des Physikunterrichts an der Schule zeigt für die Studierenden mit gymnasialem Abitur einen etwas höheren Lernzuwachs gegenüber Absolventen der FOS/BOS. Zwischen den Gruppen mit unterschiedlichem Umfang an schulischem Physikunterricht bleiben die relativen Unterschiede im Konzeptverständnis auch nach ein bis zwei Hochschulsemestern bestehen. Von den aktivierenden und konzeptverständnisorientierten Lehrmethoden JiTT, PI und spezielle Tutorials profitieren also alle Studierenden gleichermaßen mit dem Ergebnis eines im Mittel höheren Lernzuwachses im Vergleich zu konventionellem Unterricht. Die Methoden erlauben jedem Studierenden gleichermaßen an seinem individuellen Wissens- und Verständnisstand anzuknüpfen und diesen weiter auszubauen. Durch diesen selbstgesteuerten Lernprozess wird der Heterogenität in besonderem Maße Rechnung getragen, ohne Langeweile oder Überforderung zu generieren. In der Folge wird die Heterogenität allerdings auch nicht aufgehoben.

Der dargestellte Nachweis der Wirksamkeit der Lehrmethoden JiTT, PI und spezielle Tutorials ist nur einer der Gründe, die uns bestärken, unsere Lehre in der beschriebenen Form weiter zu entwickeln. Uns überzeugt auch, dass die Studierenden kontinuierlich mitarbeiten und sich vorbereiten, und dass wir als Dozenten informiert sind über Verständnisschwierigkeiten und die Lehrveranstaltungen entsprechend anpassen können. Gleichzeitig möchten wir damit Kollegen und Kolleginnen motivieren, diese Methoden kennen zu lernen und in ihrer Lehre mit Freude und Gewinn sowohl für sich selbst als auch für ihre Studierenden einzusetzen.

## Danksagung

Danke sagen möchten wir ganz besonders unseren ehemaligen HD-MINT-Mitarbeitern Dipl.-Phys. Markus Wittkowski und Dipl.-Math. Dieter Harig, sowie unserem technischen Mitarbeiter Josip Lacković. Alle drei haben uns mit viel Energie beim Erfassen, Speichern und Auswerten der Daten und Erstellen von Diagrammen sehr beständig unterstützt.

An unseren Kollegen Prof. Dr. Michael Diegelmann geht ein großer Dank für seine Programmierung der Auswertung des Fragebogens. Die Auswertung der studentischen Kreuze auf dem Auswertebogen funktioniert mittlerweile rekordverdächtig schnell.

Ein herzliches Dankeschön geht an unseren Mathematik- und Statistikkollegen Prof. Dr. Ulrich Wellisch, der die statistische Auswertung der Daten mit der Software „R“ durchgeführt und mit uns die Ergebnisse interpretiert hat.

Ein besonderer Dank geht auch an unsere Studierenden, die durch ihre guten Beiträge und positiven Rückmeldungen unsere Motivation erhöht haben und die den Mechanik-Test geduldig mitgemacht haben, sowie an die Kollegen in Rosenheim, die ihre Unterrichtszeit für die Durchführung der Tests zur Verfügung gestellt haben.

Prof. Dr. Christian Kautz von der TU Hamburg-Harburg und Prof. Dr. Peter Riegler von der Ostfalia Hochschule in Wolfenbüttel danken wir für die Einführung in die Methoden JiTT, PI, spezielle Tutorials und FCI, sowie für ihr kontinuierliches wertvolles Sparring in der Anwendung dieser Konzepte.

Ein Dank geht an alle, mit denen wir unsere Ergebnisse diskutieren konnten: Kollegen in Rosenheim, Teilnehmer am Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathematik/Physik am DiZ sowie Prof. Dr. Franz Waldherr und Claudia Walter vom DiZ.

Last but not least: Wir finden es sehr gut, dass es MINT-Projekte im Qualitätspakt Lehre und beim bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst gibt, denn ohne zusätzliche Mitarbeiter sind solche Untersuchungen an einer Hochschule für angewandte Wissenschaften kaum zu stemmen. Danke an die Projekte HD MINT (2011–2016) im Qualitätspakt Lehre und PRO-AKT-JV (2017–2019) aus dem Programm MINTerAKTIV des bayerischen Staatsministeriums.

## Referenzen

- [Argawala 2017] Argawala, A.: Abi für alle! Dossier in DIE ZEIT Nr. 14, 13 ff. (30.03.2017).
- [Biggs 1996, 2003] Biggs, J.: Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364 (1996). Biggs, J.: *Teaching for quality learning at university*. Open University Press, Society for Research into Higher Education (2nd edition) Buckingham (2003).
- [Braun 2004] Braun, A. K.: Wie Gehirne laufen lernen oder: „Früh übt sich, wer ein Meister werden will!“ – Überlegungen zu einer interdisziplinären Forschungsrichtung „Neuropädagogik“ (2004). In: Herrmann, U. (Hrsg.): *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Weinheim. S. 134–147 (2009).
- [DiZ 2016] Wege zum Verständnis bauen: Das Projekt HD MINT. Sonderausgabe der Didaktik-Nachrichten DiNa des Zentrums für Hochschuldidaktik DiZ, (Dezember 2016). <https://www.diz-bayern.de/publikationen/DiNa> (letzter Abruf: 18.6.2017).
- [Erpenbeck et al. 2015] Erpenbeck, J., Sauter, S., & Sauter, W.: *E-Learning und Blended Learning: Selbstgesteuerte Lernprozesse zum Wissensaufbau und zur Qualifizierung*. Springer-Verlag (2015).
- [Girwidz et al. 2003] Girwidz, R, Kurz, G. und Kautz, C.: Zum Verständnis der Newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – Der Test „Force Concept Inventory“ – FCI, DPG-Frühjahrstagung, Didaktik der Physik, Augsburg (2003).
- [Hake 1998] Hake, R. R.: Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74 (1998).
- [HD MINT 2011] Hochschuldidaktik-MINT. Verbundprojekt: Aufbau eines hochschuldidaktischen Departments für die MINT-Fächer im Rahmen des Qualitätspaktes Lehre des Bundes 03/2012 bis 12/2016. <http://www.hd-mint.de/impressum/> (letzter Abruf: 18.6.2017).
- [Heikkinen et al. 2011] Heikkinen, E.P., Jaako, J.: *Control Engineering Laboratory Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu, Continuous Assessment in Process Engineering Education – Two Case Studies, Report A, No. 48, (2011)*. [http://www oulu.fi/sites/default/files/content/48.%20Heikkinen%20E-P%20&%20Jaako%20J%20\(2011\)%20Continuous%20Assessment%20in%20Process%20Engineering%20Education%20-%20Two%20Case%20Studies.%20November%202011.%20ISBN%20978-951-42-9721-2.pdf](http://www oulu.fi/sites/default/files/content/48.%20Heikkinen%20E-P%20&%20Jaako%20J%20(2011)%20Continuous%20Assessment%20in%20Process%20Engineering%20Education%20-%20Two%20Case%20Studies.%20November%202011.%20ISBN%20978-951-42-9721-2.pdf)
- [Hestenes et al. 1985] Hestenes, D., Halloun, I.A.: The initial knowledge state of college physics students, *Am. J. Phys.* 53 (11), 1043–1048 (1985).
- [Hestenes et al. 1992] Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G.: Force concept inventory, *The physics teacher*, 30(3), 141–158 (1992).
- [Hestenes 1997] Hestenes, D.: Modeling Methodology for Physics Teachers. In E. Redish & J. Rigden (Eds.): *The changing role of the physics department in modern universities*, American Institute of Physics Part II. p. 935–957 (1997). Außerdem in: *Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, College Park (August 1996).
- [HS-KA 2017] mündliche Mitteilung L. Jackewitz: Erfolgreicher Slow-Track der Hochschule Karlsruhe. Von der Hochschulrektoren-Konferenz in einer CHE-Consult-Studie als Good-Practice-Projekt ausgezeichnet, (Abschlussbericht für 2017 geplant). Details: <https://www.hs-karlsruhe.de/erfolgreich-starten/> (letzter Abruf: 14.6.2017).

[ISB 2017]. Christian Huber, mündliche Mitteilung beim Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathe/Physik am 18./19.5.2017 am [www.diz-bayern.de](http://www.diz-bayern.de). ISB=Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (<https://www.isb.bayern.de>)

[Jaako 2014] Jaako, Juha: Controlling Didactic relation. *Europ. J. Eng. Educ.* 2014, Vol 39, No. 4, P. 448–462 (2014).

[Junker et al. 2016] Junker, E., Schäfle, C., Stanzel S.: 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://www.diz-bayern.de/publikationen/DiNa> (letzter Abruf: 26.6.2017).

[Käss 2017] Käss, H. (HS Esslingen): Anforderungen an die Studierenden in Physik: Stand des Entwicklungsprojektes in Baden-Württemberg. Handout vom Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathematik-Physik am DiZ, Ingolstadt (18./19. Mai 2017).

[Kautz 2001] Kautz, C.: Untersuchungen zum konzeptionellen Verständnis des Lehrstoffs bei Studierenden im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium an der Technischen Universität Hamburg Harburg (2001). [https://tubdok.tub.tuhh.de/bitstream/11420/239/1/Bericht\\_TUHH\\_ed\\_2006.pdf](https://tubdok.tub.tuhh.de/bitstream/11420/239/1/Bericht_TUHH_ed_2006.pdf) (letzter Abruf: 20.5.2017).

[Keller 2016] Keller, U.; Meissner, B.; Fleischer, J.: Die Methoden im Projekt HD MINT. In: DiNa-Sonderausgabe Dez. 2016. Wege zum Verständnis bauen: Das Projekt HD MINT, S. 10–16. (2016). <https://www.diz-bayern.de/publikationen/DiNa> (letzter Abruf 26.06.2017).

[Mandl et al. 2001] Mandl, H. & Krause, U.: Lernkompetenz für die Wissensgesellschaft. Forschungsbericht Nr. 145. LMU München, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, S. 8 ff. (2001). [https://epub.ub.uni-muenchen.de/253/1/FB\\_145.pdf](https://epub.ub.uni-muenchen.de/253/1/FB_145.pdf) (letzter Abruf: 14.06.2017).

[Mazur 1997] Mazur, E.: Peer instruction: A user's manual. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall (1997). Auch: Mazur, E.: Farewell, lecture? *Science* 323, p. 50–51 (2009).

[McDermott et al. 1991] Mc Dermott, L.C.: Millikan Lecture 1990: "What we teach and what is learned – closing the gap". *Americ. J. of Phys.*, (59), 4, p.301–315 (1991).

[McDermott et al. 2009] McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Kautz, C. H.: Tutorien zur Physik. München, Boston: Pearson Studium (2009).

[Meltzer et al. 2012] Meltzer, D., Thornton, R.: Resource Letter ALIP – 1: Active Learning Instruction in Physics. *Am. J. Phys.* 80 (6) (2012).

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

[Perry 1970] Perry, W. G. Jr.: Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme. New York: Holt, Rhinehart and Winston (1970).

[PRo-Aktiv 2016] Physik in Rosenheim aktiv, kontinuierlich just-in-time verstehen. Projekt im Rahmen von MINTerAKTIV des bayerischen Staatsministeriums für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst <https://www.km.bayern.de/ministerium/hochschule-und-forschung/wissenschaftspolitik/erfolgreicher-mint-abschluss.html> (2016) (letzter Abruf: 18.6.2017).

- [Riegler 2010] Riegler, P., Ostfalia-Hochschule (2010): <https://www.youtube.com/watch?v=jzq92bHJms> und <https://www.ostfalia.de/cms/de/zell/ZeLL-Kultur/JustInTimeTeaching.html> (letzter Abruf: 18.6.2017).
- [Savinainen et al. 2002] Savinainen, A., & Scott, P.: The Force Concept Inventory: a tool for monitoring student learning. *Physics Education*, 37(1), 45 (2002).
- [Schecker et al. 1999] Schecker, H., & Gerdes, J.: Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 75–89 (1999).
- [Schäfle et al. 2014] Schäfle, C., Junker, E., Larbig, H.: Didaktikentwicklungskonzept für die Hochschule Rosenheim (2014).
- [Schäfle et al. 2017] Schäfle, C., Kautz, C.: Untersuchungen zu (Fehl-)vorstellungen im Bereich der Rohrströmung – Kontinuitätsgleichung vs. Bernoulligleichung. To be published (2017).
- [Siebert 2008] Siebert, H.: Konstruktivistisch lehren und lernen. Augsburg (2008).
- [Spitzer 2007] Spitzer, M.: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens, Spektrum Akademischer Verlag (2007).
- [Stiefenhofer 2017] Stiefenhofer, M.; Ertel, S.; Vergara, M.; Layh, M. (HS Kempten): Mathematik – Frustration – Simulation: Harte Themen weich verpackt. Handout vom Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathematik-Physik am DiZ, Ingolstadt 18./19. Mai (2017).
- [TAP 2011]: Teaching Analysis Poll  
Die Evaluierung wird hier nicht von der Dozierenden, sondern einer externen Person in Form einer Gruppendiskussion mit allen Studierenden durchgeführt, d.h. der Diskurs über die Lehre und das Lernen steht im Mittelpunkt der Methode, vgl. Frank, A.; Fröhlich, M.; Lahm, S.: Zwischenbewertung im Semester: Lehrveranstaltungen gemeinsam verändern. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6, Nr. 3, Graz (2011).
- [Wellisch 2017] Wellisch, U. (Hochschule Rosenheim): diverse statistische Analysen der FCI-Daten für diese Arbeit mit der Software R, persönliche Mitteilung (2017).
- [Zimmermann et al. 2016] Zimmermann, M. und Junker, E.: Kompetenzerwerb der Studierenden – der Spagat zwischen Belehrungs- und Ermöglichungsdidaktik. *Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathematik-Physik am DiZ Ingolstadt*, 22. April (2016).

## Curriculum Vitae

Die ersten drei Autoren unterrichten jeweils Physik in unterschiedlichen Ingenieurstudiengängen an der Hochschule Rosenheim. Sie verstehen sich als kollegiales Lehrteam, das miteinander die in dieser DiNa beschriebenen Lehrmethoden weiterentwickelt und verbreitet:

Von links nach rechts:



**Prof. Dr. Elmar Junker** lehrt Physik, Bauphysik und Astronomie in verschiedenen Studiengängen der Hochschule Rosenheim. Er leitet den Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathematik-Physik am DiZ.

**Prof. Dr. Silke Stanzel** lehrt Physik, Thermodynamik und Wärmeübertragung. Nach sieben Jahren als Frauenbeauftragte der Hochschule ist sie nun Dekanin der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften.

**Prof. Dr. Claudia Schäfle** lehrt Physik und Strömungsmechanik. Sie war lange Didaktikbeauftragte der Hochschule und Didaktikmentorin für das DiZ.



**Dipl.-Ing. (univ.) Manuela Zimmermann M.A.**, Studium der Architektur sowie der Bildungs- und Erziehungswissenschaften an der Universität Innsbruck, Studium der Systemischen Beratung an der TU Kaiserslautern. Seit 2012 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Rosenheim tätig, u. a. im Hochschuldidaktikprojekt HD MINT.

Alle Autoren: Hochschule Rosenheim, Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften, Hochschulstr. 1, 83024 Rosenheim, [www.fh-rosenheim.de/pro-aktiv.html](http://www.fh-rosenheim.de/pro-aktiv.html), [pro-aktiv@fh-rosenheim.de](mailto:pro-aktiv@fh-rosenheim.de)

Wir sind bemüht, bei all unseren Texten auf geschlechtsneutrale Schreibweise zu achten. Lesbarkeit und Klarheit der Aussage stehen allerdings im Vordergrund. Für die dadurch bedingten Kompromisse bitten wir um Verständnis.



DiZ – Zentrum für  
Hochschuldidaktik

06/2017

# DIDAKTIK- NACHRICHTEN

## Impressum

ISSN 1612-4537

## Herausgeber

Zentrum für Hochschuldidaktik (DiZ)  
Goldknopfgasse 7, 85049 Ingolstadt  
Tel.: 0841/14296-0, Fax: 0841/14296-29  
E-Mail: [diz@diz-bayern.de](mailto:diz@diz-bayern.de)  
[www.diz-bayern.de](http://www.diz-bayern.de)

## Redaktion

Prof. Dr. Franz Waldherr,  
Direktor des DiZ (V.i.S.d.P.),  
Claudia Walter

## Layout & Satz

Kommunikation & Design Susanne Stumpf,  
Dipl. Designer (FH), Hutstraße 31, 91207 Lauf

## Druck

Druckhaus Kastner, Schlosshof 2 – 6,  
85283 Wolnzach

## Auflage 4.800 Stück

Beiträge der Autoren geben nicht unbedingt  
die Meinung der Redaktion wieder.  
Der Nachdruck von Beiträgen und Bildern  
bedarf der Genehmigung des DiZ.