

Dem gemeinsamen Lernen Raum geben – das SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept

Claudia Schäfle, Christine Lux,
Julia Neubert, Rebekka Dees

Abstract

SCALE-UP Räume sind speziell gestaltete Lehrräume, um studierendenzentrierte und interaktive Lehrveranstaltungen durch die Raumgestaltung zu unterstützen. Studierende arbeiten in SCALE-UP Lehrveranstaltungen an meist runden Gruppentischen in kleinen Teams und sind dabei aufgefordert, selbst aktiv zu sein. Diese Art des Lernens hat sich insbesondere an US-amerikanischen Universitäten als lernförderlich erwiesen. An der TH Rosenheim sind in den letzten Jahren zwei solcher SCALE-UP Räume aufgebaut worden und einige Lehrende haben ihre Lehrveranstaltungen insbesondere in Physik- und Mathematik-Lehrveranstaltungen für Ingenieure auf das SCALE-UP Konzept umgestellt.

In diesem Beitrag werden im ersten Teil die Umsetzung des SCALE-UP Konzepts an der TH Rosenheim, d.h. die Gestaltung der Räume sowie das zugehörige Lehrformat mit entsprechenden Lernaktivitäten, vorgestellt und Hintergründe zum SCALE-UP Konzept beschrieben.

Im zweiten Teil werden Untersuchungen zum studentischen Lernen in diesen SCALE-UP Lehrveranstaltungen gezeigt. Um zu charakterisieren, wie sich die Studierenden mit Lernaktivitäten im SCALE-UP Raum auseinandersetzen, wird das ICAP-Modell mit seiner Taxonomie zur Beschreibung des kognitiven Engagements verwendet (Chi & Wylie, 2014). Durch Lehrveranstaltungsbeobachtungen zeigt sich, dass die Studierenden im Mittel über 60% der Zeit in der Lehrveranstaltung ein *konstruktives* oder *interaktives* kognitives Engagement aufgewiesen haben. Auch die Analyse der studentischen Antworten in einem standardisierten Fragebogen zeigt, dass die Studierenden vorwiegend interaktives, konstruktives und aktives Lernengagement mit mittlerem bis hohem Aktivitätsniveau wahrgenommen haben. Durch das konstruktive bzw. interaktive Lernengagement kann der Aufbau von tiefem Verständnis mit dem Potential für Transfer bzw. tiefstem Verständnis mit dem Potential zur Entwicklung neuartiger Ideen beim Lernen mit dem SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept erwartet werden.

Einleitung

Stellen Sie sich vor, Sie stehen kurz davor, eine Vorlesung zu besuchen. Beim Öffnen der Hörsaal Tür erwartet Sie jedoch weder eine traditionelle Reihenbestuhlung noch ein klassischer Vortrag, stattdessen offenbart sich Ihnen eine dynamische Lernumgebung: Studierende sitzen nicht ruhig in festen Reihen, sondern arbeiten in kleinen Teams an runden Tischen. Sie nutzen gemeinsam Whiteboards, führen lebhaft Diskussionen, wechseln frei zwischen den Tischen, führen kleinere Experimente oder Computersimulationen durch. Hörsaalabstimmungssysteme (Clicker) und Beamer, die Bilder multidirektional projizieren, sind ebenfalls Teil der Ausstattung. Statt der klassischen Lehrenden-Studierenden-Dynamik, erleben Sie eine Lehrperson, die die Studierenden aktiv einbindet: mal sitzt sie bei einem Team und diskutiert mit ihnen, dann wechselt sie zwischen den Tischen, betrachtet die Ergebnisse der Studierenden auf den Whiteboards und lädt eine Studentin ein, den Lösungsweg ihres Teams vor der ganzen Gruppe zu präsentieren. Diese lebendige, interaktive Lernumgebung ist keine Zukunftsvision, sondern Realität. Sie befinden sich in einer SCALE-UP Lehrveranstaltung – einem innovativen Ansatz, der das klassische Format eines Hörsaals ersetzt.



Abb. 1: links: Studierende im SCALE-UP Raum an der TH Rosenheim; rechts: kollaboratives Arbeiten mit analogen Whiteboards.
Bilder: Lanzinger ©TH-Rosenheim

SCALE-UP, das Akronym steht für Student Centered Active Learning Environment for Upside-down Pedagogies, ist ein forschungsbasierter Lehransatz, der darauf abzielt, aktives und kollaboratives Lernen bestmöglich zu unterstützen – auch für größere Gruppen mit hundert und mehr Studierenden. Dazu werden sowohl der physische Lehrraum als auch die Lehrmethoden sowie die Erwartungen an das Verhalten der Studierenden und die Rolle der Lehrperson angepasst und verändert.

Ursprünglich an der North Carolina State University entwickelt (Beichner et al., 2007) und im englischsprachigen Raum weit verbreitet – Details zur Entwicklung siehe Kasten auf Seite 11 – steckt der Einsatz des SCALE-UP Konzepts in Deutschland in den Anfängen. Nach Kenntnis der

Autorinnen gibt es derzeit an sechs deutschen Hochschulen SCALE-UP Räume, einige weitere sind angedacht, in Planung oder bereits im Aufbau (SCALE-UP Deutschland, 2024). Abb. 1 zeigt einen SCALE-UP Raum mit Studierenden an der TH Rosenheim.

In diesem Beitrag wird die Implementierung des SCALE-UP Konzepts hinsichtlich der Gestaltung der Räume und der Lehre an der TH Rosenheim beschrieben. Anschließend werden Untersuchungen des studentischen Lernens hinsichtlich des interaktiven, konstruktiven und aktiven Lernens vorgestellt. Untersuchungen zur Wirkung auf die Lehrenden werden in einem weiteren Artikel in dieser DINA-Ausgabe präsentiert (Dölling et al., 2024).

Hintergrund

Das SCALE-UP Konzept wurde ursprünglich für Physik-Anfängerlehrveranstaltungen entwickelt und stammt von Beichner et al. von der North Carolina State University (Beichner & Saul, 2003; Beichner et al., 2007). Es steht im Kontext der Bestrebungen der Physics Education Research (PER) Community in den USA die Physik-Hochschullehre forschungsbasiert zu reformieren und weiterzuentwickeln.

Vorläufer des SCALE-UP Konzepts sind die Lehrformate Workshop und Studio Physics, bei denen die „Vorlesung“ und das „Praktikum“ in eine Lehrveranstaltung integriert werden (Laws, 1991; Wilson, 1994; Cummings et al., 1999; Hoellwarth et al., 2005). Ausgangspunkte dieser Entwicklungen waren unter anderem die Kritik, dass bei traditionellen Physik-Anfängerlehrveranstaltungen der Lernzuwachs im Konzeptverständnis gering und die Abbrecherquoten hoch sind, sowie die Forderung, dass es ein wichtiges Ziel sei, dass Studierende die Fähigkeiten zu lernen und zu studieren entwickeln, die sie auf andere Wissenschaftsgebiete übertragen können (Laws, 1991). In mehreren Schritten entstanden Lehrformate, die auf Aktivitäten der Studierenden basieren, wie beispielsweise studentische Experimente. Dafür wurden die Lehrräume umgestaltet, so dass jeweils etwa 25 Studierende in Kleingruppen lernen. Es konnte gezeigt werden, dass die mit diesen Lehrformaten lernenden Studierenden ein verbessertes physikalisches Konzeptverständnis entwickelten. Weitere Details hierzu finden sich in Gaffney & Direnga (2023).

Mit dem SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept skalierten Beichner & Saul (2003) die erfolgreiche Studio Physics Methode für große Gruppen hoch und integrierten dabei mehrere existierende forschungsbasierte Ansätze für aktives Lernen. Das Ziel war dabei, dass sich die Studierenden in der Lehrveranstaltung interaktiv und kollaborativ mit den physikalischen Materialien auseinandersetzen können. Sie schufen eine Lernumgebung, die die Studierenden ermutigt, miteinander zu diskutieren,

Experimente durchzuführen und sich die Inhalte gegenseitig zu erklären. Die Studierenden werden begleitet, die Antworten auf ihre Fragen selbst zu finden, anstatt ihnen bereits im Vorfeld den richtigen Lösungsansatz zu vermitteln. Dabei werden fachdidaktische PER-basierte Aktivitäten eingesetzt und gleichzeitig die Vorlesungsanteile auf ein Minimum reduziert.

Aus der fünfjährigen Entwicklungs- und Untersuchungsphase mit über 16 000 Studierenden leiten Beichner et al. (2007) Empfehlungen für die Gestaltung des Lehrraums sowie die Planung und die Durchführung der Lehrveranstaltungen ab (siehe auch Gaffney & Direnga, 2023):

Charakteristisch für den Lehrraum sind die runden Tische, Zugang zu Laptops für jedes Team und tragbare Whiteboards, sowie eine Möglichkeit, dass Studierende ihre Ergebnisse für alle präsentieren können. Die Vorlesungsanteile werden auf ein Minimum reduziert, dafür gibt die Lehrperson eine Vielfalt an Lernaktivitäten vor, die die Lernziele adressieren. Typische Aktivitäten sind „tangibles“ (d.h. konkrete Objekte, an denen physikalische Zusammenhänge studiert und Messungen durchgeführt werden) und „ponderables“ (Aufgaben, die entweder, wie bei Peer Instruction (Mazur, 1997), einem verbesserten Konzeptverständnis dienen oder die Problemlösefähigkeit schulen). Der „upside-down“ Aspekt des Lehrkonzepts sollte in dreierlei Hinsicht vorhanden sein: Die Lehre sollte ausgehend von den zu erreichenden Lernzielen geplant werden, die Studierenden agieren als Lehrende und als Lernende und die Studierenden sollten sich bereits vor der Lehrveranstaltung im Sinne eines Flipped Learnings mit den Inhalten befassen. In der Lehrveranstaltung arbeiten die Studierenden in Teams, die zumeist aus drei Studierenden bestehen. Während die Studierenden an den Lernaktivitäten arbeiten, geht die Lehrperson zu den Teams an den Tischen, tritt mit ihnen in einen Dialog, moderiert Diskussionen, unterstützt und gibt Anleitung. Ein weiteres wichtiges Element sind formative Assessments, d.h. Aufgaben und Tests, die den Verständnisaufbau der Studierenden unterstützen.

Studierende, die im Fach Physik mit dem SCALE-UP Konzept unterrichtet wurden, zeigten im Vergleich zu Studierenden, die mit traditionellen Formaten unterrichtet wurden, im Mittel eine höhere Problemlösefähigkeit, ein besseres konzeptionelles Verständnis, geringere Durchfallquoten sowie bessere Leistungen in nachfolgenden Ingenieursfächern (Beichner et al., 2007). Dabei zeigte sich auch, dass Minderheiten in einer Gruppe in besonderem Maße davon profitieren.

Der nachgewiesene Erfolg des SCALE-UP Konzepts führte dazu, dass es an über vierhundert überwiegend US-amerikanischer Universitäten und Colleges (Foote et al., 2014; SCALE-UP Adopters, 2024) in dieser oder ähnlicher Form implementiert und weiterentwickelt wurde. An großen Universitäten wie dem MIT (Massachusetts Institute of Technology) lernen sämtliche Studierende Physik in einem ähnlichen Format mit Namen TEAL (Technology Enabled Active Learning (Belcher, 2003)), in Harvard dient ein solcher SCALE-UP-ähnlicher Raum als ein Element, noch weit umfänglichere team- und projektbasierter Lehrmethoden einzusetzen (Harvard, 2013).

Um aktives und kollaboratives Lernen über einzelne Lehrveranstaltungen hinaus auf eine ganze Institution zu skalieren und dort nachhaltig zu implementieren, wurde SCALE-UP an der britischen Nottingham Trent University NTU in vielen Fachbereichen mit Interessierten zunächst pilotiert und dann ausgeweitet. Es wurde erreicht, dass SCALE-UP im Studienjahr 2017/18 in 249 Modulen und etwa 50% der Studienprogramme eingesetzt wurde (McNeil et al., 2017; McNeil & Borg, 2020). SCALE-UP konnte für unterschiedliche Fächer und Randbedingungen angepasst werden. Auch in der Pandemiezeit zeigte sich, dass aktives und kollaboratives Lernen in einem hybriden SCALE-UP Format möglich ist (NTU, 2023).

Abb. 2a und b: Umbau eines klassischen Lehrraums für seminaristischen Unterricht in einen SCALE-UP Raum an der TH Rosenheim. Links: vorher; rechts: nachher. Bilder: ©TH-Rosenheim



1. Implementierung des SCALE-UP Konzepts an der TH Rosenheim

1.1 Gestaltung der SCALE-UP Räume an der TH Rosenheim

An der TH Rosenheim konnten durch Projektmittel zwei Hörsäle in SCALE-UP Räume umgebaut werden (siehe Abb. 2a bis c). Seit dem WS 2021/22 bzw. WS 2022/23 finden dort Lehrveranstaltungen, insbesondere in Physik-, Mathematik- und anderen MINT-Fächern, nach dem SCALE-UP Konzept statt. In beiden Räumen befinden sich runde Tische für jeweils sechs bis maximal sieben Studierende, die in Zweier- oder Dreier-Teams zusammenarbeiten. Der kleinere SCALE-UP Raum bietet Platz für 36, der größere für max. 49 Studierende. Der Abstand zwischen den Tischen ist groß genug, so dass jeder Sitzplatz

und damit jeder Studierende für die Lehrperson direkt erreichbar ist. Eine gute Sicht aller Studierenden auf die aktuelle Folie oder das Dokumentenkamerabild wird durch Beamerprojektionen in verschiedene Richtungen erreicht. Für die Gruppenarbeiten stehen analoge Whiteboards, Clicker-Abstimmungssysteme, digitale Kollaborationstools, sowie physikalische „hands-on“-Experimente zum Teil mit digitaler Messdatenerfassung zur Verfügung. Auch Click-Share-Systeme sind vorhanden, um studentische Arbeitsergebnisse für alle über die Beamer sichtbar zu machen.

Durch die Anordnung der Tische gibt es im Raum kein explizites Vorne und Hinten, die Station für den Rechner der Lehrperson und die Mediensteuerung befindet sich am Rand. Ein guter Schallschutz, insbesondere eine Akustikdecke, ist für diese Art der Raumnutzung essenziell. Das innovative Lichtkonzept wurde von Mitgliedern der Fakultät Innenarchitektur der TH Rosenheim erstellt.

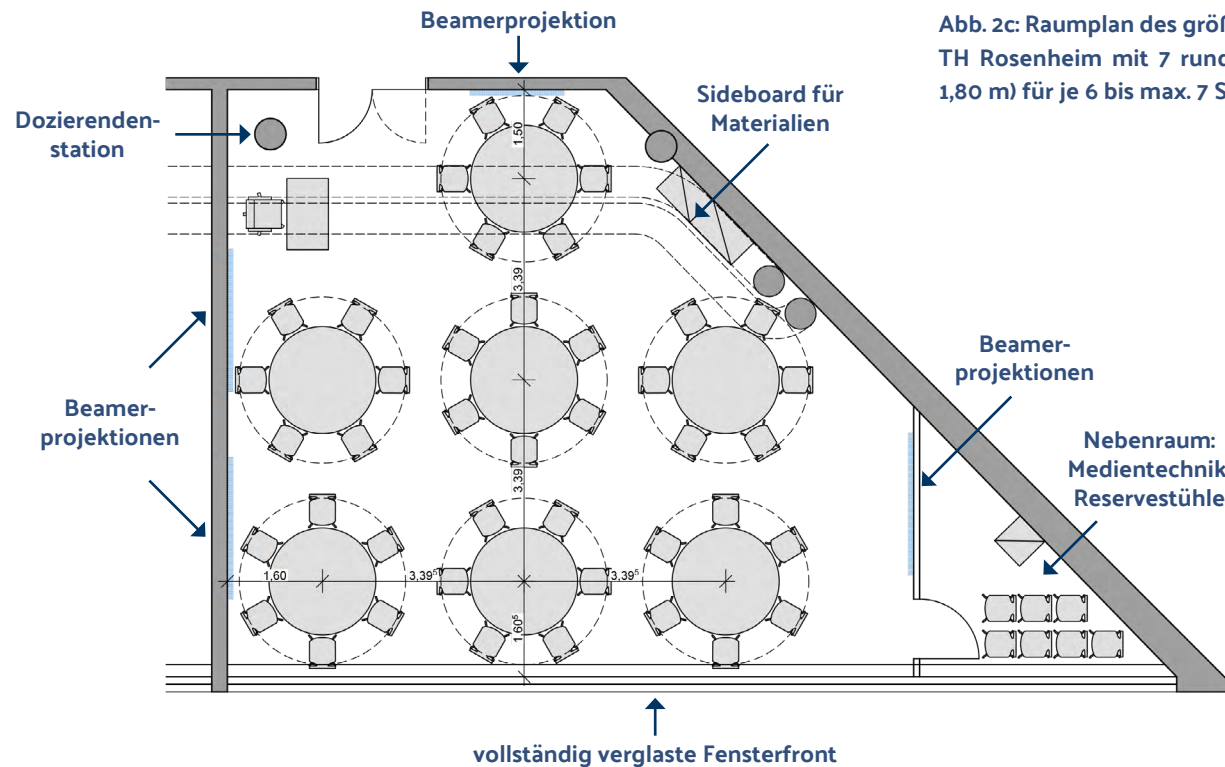


Abb. 2c: Raumplan des größeren SCALE-UP Raums der TH Rosenheim mit 7 runden Tischen (Durchmesser: 1,80 m) für je 6 bis max. 7 Studierende.

Steckdosen in ausreichender Zahl an allen Tischen sind für den Einsatz digitaler Werkzeuge wesentlich.

Hinweis: Für zukünftige Planungen größerer Räume könnte in Erwägung gezogen werden, die Dozierendenstation in der Mitte des Raumes aufzubauen, einerseits um die Wege zu verkürzen und andererseits, um noch mehr zu verdeutlichen, dass es nicht darum geht, dass die Lehrperson „vorne“ lange Vorträge hält, sondern dass die Studierenden zusammenarbeiten – so wie dies auch in den großen SCALE-UP Räumen in den USA gehandhabt wird.

Als SCALE-UP Raum können auch Räume umgebaut werden, die für klassische Lehre nicht passend erscheinen, weil z.B. Säulen im Raum stehen oder der Raum für Frontalreihe unpassend geschnitten ist (siehe z.B. SCALE-UP Raum an der Ostfalia Hochschule (Riegler, 2019a und b)). Falls hohe Tische (Stehische mit Barhockern o.ä.) verwendet werden, sollte mindestens einer der Tische und die dazugehörigen Stühle so höhenverstellbar sein, dass auch Personen im Rollstuhl oder mit Geheinschränkungen daran Platz finden.

1.2 Gestaltung der SCALE-UP-Lehre

Das SCALE-UP Lehrkonzept verwendet einen „upside-down“ – Ansatz für wesentliche Aspekte der Lehre, d.h. hinsichtlich der Planung der Lehre, der Bereitstellung von Inhalten, der Aktivitäten in der Lehrveranstaltung, der Erwartungen an das Verhalten der Studierenden und der Rolle der Lehrenden.

Im Folgenden wird beschrieben, wie das Konzept aktuell an der TH Rosenheim umgesetzt wird.

Die Planung der Lehrveranstaltung beginnt „vom Ende her“ mit der Formulierung der Lernziele im Sinne des Constructive Alignments (Biggs, 1996). Diese Lernziele bilden die Grundlage für die anschließende Auswahl an didaktischen Methoden und werden an die Studierenden kommuniziert.

Eine Basis für die SCALE-UP Lehre bildet die studentische Vorbereitungsphase im Sinne des Just-in-Time Teachings (JiTT (Novak et al., 1999)), ein dem Flipped oder Inverted Classroom ähnlichen Lehrformat. JiTT wird seit über 10 Jahren in verschiedenen Physik- und Mathematiklehrveranstaltungen in Ingenieurstudiengängen an der TH Rosenheim eingesetzt. Der wöchentliche Ablauf folgt dem in Abb. 3 gezeigten Schema. Der Studierauftrag basiert auf den Lernzielen und die Studierenden bereiten sich anhand der im Lernmanagementsystem bereitgestellten Materialien vor. Die Vorbereitung umfasst auch die Bearbeitung eines digitalen Warm-Up-Quiz, in dem die Studierenden auf ihre Antworten ein automatisiertes Feedback erhalten. Zusätzlich werden die Studierenden aufgefordert, eine eigene Frage zum durchgearbeiteten Thema zu stellen. Auf diese Fragen erhalten sie häufig eine individuelle Antwort der Lehrperson, d.h. bereits vor der Lehrveranstaltung findet eine Feedbackschleife zwischen Studierenden und Lehrenden statt. Ausgehend von den studentischen Schwierigkeiten und Fragen plant die Lehrperson anschließend

die Lehrveranstaltung. Details der Umsetzung sind beschrieben in Schäfle & Junker (2023).

Die Präsenzphase im SCALE-UP Raum dient der Anwendung und Vertiefung des Wissens und der Klärung von Schwierigkeiten sowie dem Aufbau weitergehender Kompetenzen. Die Studierenden werden in Dreier-Teams eingeteilt, so dass an einem runden Sechser-Tisch jeweils zwei Teams arbeiten können. Die Studierenden erhalten Lernaktivitäten, die typischerweise 5 bis 20 Minuten dauern und an fachdidaktischer Forschung orientiert sind (siehe Abb. 3, rechts). Sie sind in dieser Lernumgebung aufgefordert, nicht nur zuzuhören, sondern selbst tätig zu sein, beispielsweise im Team Aufgaben an Whiteboards zu bearbeiten, Peer Instruction-Fragen mit Clickern zu beantworten (Mazur, 1999), kleinere Experimente und Simulationen durchzuführen oder bei der Bearbeitung von Tutorials (McDermott et al., 2009; Kautz et al., 2024) so lange im Team zu diskutieren, bis sie selbst von der richtigen Antwort überzeugt sind. Dabei bekommen sie kontinuierlich Rückmeldung von den Peers und der Lehrperson.

Im Anschluss an eine Arbeitsphase werden die Ergebnisse häufig von Studierenden oder der Lehrperson zusammengefasst. Die reinen Vorlesungsanteile des Dozierenden werden auf ein Minimum reduziert. Günstig ist es, wenn eine kurze Reflexionsphase angeschlossen wird, in der die Studierenden darüber sprechen bzw. sich notieren, welche

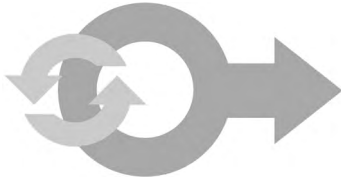
Erkenntnisse sie hatten oder was sie mit der bearbeiteten Aktivität lernen sollten. In Abschnitt 2.3 dieses Beitrags findet sich ein Beispiel für den zeitlichen Ablauf einer SCALE-UP Lehrsequenz.

Die Rolle der Lehrperson ist bei der SCALE-UP Lehre verändert. Für den asynchronen, digitalen Vorbereitungsteil, der stärker auf Rezipieren von Informationen beruht, bereitet sie das Fachwissen passend auf und erstellt die formativen Warm-Up-Quiz. In die Planung der Präsenzphase und der kreativen Gestaltung der Lernaktivitäten fließen Kenntnisse über studentische Schwierigkeiten aus den Warm-Up-Quiz, der Erfahrung mit vorhergehenden Kohorten, sowie aus der fachdidaktischen Forschung ein. In der Präsenzveranstaltung selbst tritt die Lehrperson nicht wie traditionell im Wesentlichen als Informationsgeberin („a sage on the stage“), sondern eher in der Rolle als Coach („a guide on the side“) auf und bindet die Studierenden durch eine Reihe von Lernaktivitäten ein. Während die Studierenden an diesen arbeiten, geht sie zu den Teams an die Tische, beobachtet die Studierenden, tritt mit ihnen in einen (sozialen) Dialog, moderiert Diskussionen, unterstützt und gibt Anleitung, wie man eine Fragestellung angeht. Durch die räumliche Anordnung kann sie alle Studierenden gut erreichen. Durch diese Interaktionen erhält sie kontinuierlich Rückmeldung über den Lernstand der Studierenden und kann somit den Lernprozess steuern und moderieren.

**Vorbereitungsphase
JiTT**



- Studierauftrag basierend auf Lernzielen
- Warm-Up Quiz
- Feedback Loop Studierender – Lehrperson
- beeinflusst Präsenz



**Präsenzphase
SCALE-UP Raum**



- Lernaktivitäten (5-20 min) zum Aufbau des Physikverständnisses (orientiert an den Lernzielen und fachdidaktischer Forschung)
- Retrieval Practice
- Arbeit im Team an Whiteboards
- Peer Instruction (Mazur, 1999)
- Tutorials (McDermott et al., 2009)
- Arbeitsblätter
- kleinere Experimente (Tangibles)
- Simulationen
- Übungsaufgaben
- ...



- Kontinuierliche formative Rückmeldung durch Peers und Lehrperson
- Vorlesungsanteile minimal
- Reflexionsphasen: was war die Erkenntnis?

Abb. 3: Wöchentliche Struktur der SCALE-UP-Lehre (siehe Text).

Die doch recht aufwändige Umstellung der Lehre auf das SCALE-UP Konzept ist ein kontinuierlicher Entwicklungsprozess. Hilfreich dabei ist, dass an der TH Rosenheim Lehrende, die gleiche Fächer unterrichten, zusammenarbeiten und gemeinsam mit den Projektmitarbeitenden kontinuierlich den Pool an Lernaktivitäten (Peer Instruction, moodle- und Whiteboard-Fragensammlung, Arbeitsblätter für Experimente und Simulationen, Sammlung an Experimenten, ...) weiter ausbauen.

Bei den Studierenden wird das Lernen im SCALE-UP Raum sehr geschätzt. In Kästen auf Seite 16 befinden sich einige typische Zitate aus den Lehrveranstaltungsevaluationen,

die für sich sprechen. Das gut reflektierte und positive Feedback der Studierenden wird im zweiten Teil dieses Beitrags durch Unterrichtsbeobachtungen und standardisierte Fragebögen untermauert. Bei der Frage nach Herausforderungen beim Lernen im SCALE-UP Raum antworten die meisten Studierenden, dass sie keine erkennen. Manche benennen einen höheren Geräuschpegel. Einige geben an, dass die Sitzplatzanordnung es bei einer reinen Frontalvorlesung im SCALE-UP Raum schwierig mache, dass alle die Lehrperson im Blick haben.

Insgesamt basiert das SCALE-UP Konzept darauf, aktives Lernen vor allem im Team zu befördern. Es bietet eine

große Flexibilität hinsichtlich der Inhalte und Lernziele und kann somit in verschiedenen Fächern eingesetzt und mit anderen, auf Aktivitäten aufbauenden oder fachspezifischen Lehrkonzepten, kombiniert werden.

Hinweis: Lehrende, die interessiert sind, ihre Lehre hinsichtlich mehr Aktivitäten in ihren Lehrveranstaltungen weiterzuentwickeln, aber weder auf Projektmitarbeitende noch SCALE-UP Räume (oder vergleichbares) zurückgreifen können, können dennoch damit beginnen, indem sie provisorisch Tische zusammenschieben (lassen) und ev. zunächst nur zwei oder drei Lehrveranstaltungen umgestalten. Die Lehrveranstaltung kann dann nach und nach

Die Zitate der Studierenden aus Lehrveranstaltungsevaluationen sind typische Antworten, die das Erleben des Lernens im SCALE-UP Raum aus Studierendenperspektive illustrieren. Es handelt sich um Freitextantworten auf die Fragen: Welche Vorteile bietet der SCALE-UP Raum Ihrer Meinung nach im Vergleich zu einem Hörsaal? Wie beeinflusst das Lernen im SCALE-UP Raum Ihren Wissenserwerb und Ihre Lernmotivation?

Die Atmosphäre ist eher Studentenorientiert und der Fokus liegt weniger beim Dozenten, außerdem finde ich den Lerneffekt viel besser durch die Interaktiven Quizfragen die zum selbst und mit der Gruppe nachdenken sind.

Besonders förderlich sind für mich die Gruppenarbeiten am Whiteboard, weil man so auch die Denkweise der Klassenkameraden mitbekommt.

...Im Scale-up Raum versteht man eigentlich meistens den Stoff vom Thema nach der Vorlesung und muss Zuhause weniger nacharbeiten.

Man kann beim Bearbeiten von Aufgaben bei Unklarheiten immer mit der Gruppe um einen Tisch reden und sich gegenseitig helfen. Das steigert die Lernmotivation enorm.

Durch die Runden Tische und den Gruppenarbeiten ist es unmöglich nicht mit zuarbeiten

Der Scale-up Raum ist sehr hilfreich, da Mann so dauerhaft in Gruppen arbeitet, so kommt man schneller voran und kann sich mit den Nachbarn austauschen. Außerdem arbeitet man so immer aktiv im Unterricht mit. Meiner Meinung nach das beste System im Studium, was auch in anderen Fächern angewendet werden sollte

Die Kleingruppen ändern komplett die Dynamik des Unterrichts, da man sich normalerweise maximal mit seinem Rechten oder linken Banknachbar unterhalten. Hier können sich mehrere Personen sehen und miteinander interagieren um so z.B aufgaben gemeinsam zu lösen und sich über den Unterrichtstoff auszutauschen.

über die Zeit weiterentwickelt werden. Schon kleine Änderungen hinsichtlich passender Aktivitäten werden von den Studierenden meist gerne angenommen. Zu beachten ist, dass alle Umstellungen in der Lehre auch eine gewisse Umgewöhnungsphase benötigen, sowohl für Lehrende als auch für Studierende. Wir möchten betonen, dass die Anschaffung von analogen Whiteboards wirklich sehr empfehlenswert ist, um Gruppenarbeit in ganz natürlicher Weise zu fördern. Man kann aber auch damit provisorisch mit laminierten, weißen DIN A3 Papierbögen und Whiteboardstiften anfangen.

Im Folgenden werden Untersuchungen hinsichtlich des studentischen Lernens im SCALE-UP Raum an der TH Rosenheim vorgestellt. Dabei werden die Studierenden einerseits beobachtet und andererseits befragt. Zur Beschreibung aktiven Lernens wird das ICAP-Modell verwendet.

2. Untersuchung und Einordnung des studentischen Lernens im SCALE-UP Raum hinsichtlich des ICAP-Modells

2.1 Das ICAP-Modell zur Charakterisierung aktiven Lernens

Aktives Lernen ist nachweislich erfolgreicher als passives (Freeman et al., 2014). Dabei bezeichnet „Active Learning“ nach Freeman et al. dass Studierende durch Aktivitäten und Diskussionen beim Lernprozess engagiert sind und passives Lernen, dass Studierende passiv Experten zuhören und Informationen empfangen. Freeman et al. konnten in ihrer Metaanalyse von 255 Studien aus dem MINT-Bereich zeigen, dass Studierende aus Lehrveranstaltungen mit zumindest teilweise aktivem Lernen dahingehend erfolgreicher sind, dass sie höhere Lernerfolge hinsichtlich Bestehensquoten, Prüfungsleistungen und Konzepttests aufweisen als Studierende aus traditionellen Lehrveranstaltungen. Wie kann „aktives Lernen“ präzisiert werden?

Das ICAP-Modell ist eine anerkannte Theorie, um aktives Lernen zu beschreiben (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2018; Chi, 2021). Es fokussiert darauf, wie sich Studierende mit angebotenen Lernaktivitäten und -materialien gedanklich auseinandersetzen, d.h. sich kognitiv

engagieren. Es bietet eine vierstufige Taxonomie für dieses kognitive Engagement an (*Interactive, Constructive, Active* und *Passive*) und macht eine Vorhersage, welche Lernergebnisse bzgl. des Verständnisses in Abhängigkeit der jeweiligen ICAP-Stufe erwartet werden können. Abb. 4 zeigt ein Schema des ICAP-Modells mit erklärenden Beispielen, das im Folgenden genauer erläutert wird.

Folgende Erläuterungen sind zum Verständnis des Modells wichtig:

1. Lehrende gestalten die Lehre in Form von Lernaktivitäten, die bei Studierenden ein Lernengagement anregen (Abb. 4, Zeilen 2 und 3)

Ein Ausgangspunkt für das formale Lernen an Hochschulen ist, dass **die Lehrperson Lernaktivitäten** im Hinblick auf die Lernziele **auswählt oder gestaltet**, damit sich die **Studierenden** in diesen **engagieren**. Durch die Lernaktivitäten kann bei den Studierenden ein unterschiedliches Verhalten angeregt werden. Wenn beispielsweise die Lernaktivität „einer Vorlesung zuhören“ lautet, dann können die Studierenden aufmerksam zuhören, ohne etwas anderes zu tun, sie können wortwörtlich mitschreiben oder auch darüber diskutieren. Je nachdem wie die Studierenden mit dem Lernmaterial interagieren, arbeiten sie mit einem unterschiedlichen **Lernengagement** bzw. **kognitivem Engagement**.

| Stufe (Merkmal) | Passive (receiving) | Active (manipulating) | Constructive (generating) | Interactive (dialoguing) |
|--|--|---|--|---|
| Studierende ... | ... sind aufmerksam zum Inhalt orientiert, erhalten Informationen. | ... sind fokussiert aufmerksam, während sie motorisch oder physisch arbeiten. | ... erzeugen zusätzlichen Output über das angebotene Material hinaus. | ... arbeiten im Team und es treten neue Gedankengänge auf (kollaboratives Arbeiten). |
| Beispielhafte Aktivitäten | Erklärungen anhören; Anschauen eines Videos | Wortwörtliche Notizen machen; Hervorheben von Sätzen | Selbsterklären; Vergleichen und Kontrastieren | Diskutieren mit einem Partner; Zeichnen eines Diagramms mit einem Partner |
| Wissensänderungsprozesse | Isolierte „storing“ Prozesse, in denen Informationen „in Schubladen“ abgespeichert werden, ohne dass sie in ein passendes Schema eingebettet sind, keine Integration. | „integrating“ Prozesse, bei denen die ausgewählten und bearbeiteten Informationen das Vorwissen und das zugehörige Schema aktivieren und neue Informationen in das aktivierte Schema aufgenommen werden können. | Zu den „inferring“ Prozessen gehören: Integrieren neuer Informationen mit Vorwissen; Ableiten von neuem Wissen; Verbinden, Vergleichen und Gegenüberstellung verschiedener Teile von neuen Informationen, um neues Wissen abzuleiten; Analogien herstellen, Verallgemeinern, Nachdenken über die Voraussetzungen einer Vorgehensweise, Erklären, warum etwas funktioniert. | „Co-inferring“-Prozesse beinhalten, dass sich beide Partner abwechselnd austauschen. Diese Gegenseitigkeit fördert außerdem Möglichkeiten & Prozesse zur Einbeziehung von Feedback, neue Ideen, alternative Ideen, alternative Perspektiven, neuen Richtungen, usw. |
| Zu erwartende Veränderungen im Wissen | Neues Wissen wird „in Schubladen“ gespeichert. | Vorhandenes Schema ist umfassender vollständiger, kohärenter, prägnanter, und gefestigt. | Neue Schlussfolgerungen schaffen neues Wissen über das hinaus, was bereits codiert wurde, wodurch das bestehende Schema möglicherweise erweitert wird; Methoden können mit Aussagekraft, Logik und Begründung entwickelt werden; und gedankliche Modelle können angepasst werden; und Schemata können mit anderen Schemata verknüpft werden. | Neues Wissen und Perspektiven können entstehen durch die gemeinsame Schaffung von Wissen, das vorher keiner der Partner kannte. |
| Erwartete kognitive Ergebnisse | Recall: Wissen kann im identischen Kontext wortwörtlich abgerufen werden (z. B. Wiederholung desselben Verfahrens oder Erklärung für identische Probleme oder Konzepte). | Apply: Wissen kann angewandt werden auf ähnliche, aber nicht identische Kontexte (d.h. ähnliche Probleme oder Konzepte, die erklärt werden müssen). | Transfer: Wissen über Vorgehensweise kann in einem neuen Kontext oder bei einem anderen Problem angewendet werden; Wissen über Konzepte erlaubt Interpretation & Erklärungen von neuen Konzepten. | Co-create: Wissen und Perspektiven können es den Partnern ermöglichen, neue Erzeugnisse, Interpretationen, Erklärungen und Ideen zu entwickeln. |
| Lernergebnisse: ICAP | Minimales Verständnis | Geringes Verständnis | Tiefes Verständnis, Potenzial für Transfer | Tiefstes Verständnis, Potenzial für die Entwicklung neuartiger Ideen |

Abb. 4 ICAP-Modell des kognitiven Engagements (nach Tab. 2, (Chi & Wylie, 2014, Tab. 2). Klassifizierung des beobachtbaren Verhaltens der Studierenden bei der Auseinandersetzung mit Lernaktivitäten in die Stufen, die in den jeweiligen Spalten dargestellt sind: Interactive (gelb), Constructive (grün), Active (rot) und Passive (blau). In Bezug auf die zu erwartenden Lernergebnisse gibt es eine Hierarchie der ICAP-Stufen; Details siehe Text.

2. Das Lernengagement wird in vier ICAP-Stufen eingeteilt (Abb. 4, Zeilen 1 bis 3)

Hören die Studierenden beispielsweise Erklärungen zu, dann ist dieses „receiving“ ein **Passives** Lernengagement. Machen sich die Studierenden wortwörtliche Notizen zum Gehörten, ohne etwas Neues zu produzieren, dann liegt ein **Aktives** Lernengagement vor („manipulating“). Vergleichen sie die Erklärungen mit anderen Aspekten bzw. stellen sie diese einander gegenüber und ziehen daraus Schlussfolgerungen, lernen sie mit einem Lernengagement der **Konstruktiven** Stufe („generating“). Interaktives Lernengagement erreichen die Studierenden, wenn sie sich in einer Kleingruppe über den Inhalt der Erklärungen austauschen, diskutieren und dabei neue Gedankengänge entstehen, auf die sie ohne die anderen nicht gekommen wären („dialoguing“).

Eine Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Modells ist, dass die Studierenden an relevanten Inhalten arbeiten („on task“, im Gegensatz zu „off task“).

3. Die Zuordnung zu den vier ICAP-Stufen ist durch Beobachtungen des Verhaltens möglich (Abb. 4, Zeilen 2 und 3).

Das beobachtbare Verhalten und gegebenenfalls eine Einordnung der von den Lernenden erzeugten Ergebnisse oder „Produkte“ (z.B. mündliche und schriftliche Äußerungen), ermöglichen eine Zuordnung des Lernengagements zu einer ICAP-Stufe.

Chi (2021) betont, dass die Abbildung des beobachteten Verhaltens auf die ICAP-Stufen nicht 100% der Zeit akkurat ist, es aber gut genug sei, um reale Lehrsituationen zu charakterisieren. Wichtige Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Modells sind, dass die Studierenden an stoffrelevantem Inhalt arbeiten und dies mit hoher Wahrscheinlichkeit in der von der Lehrperson intendierten Art und Weise. Außerdem sollten die Studierenden externalisierten Output erzeugen (z.B. schriftliche Notizen und Diagramme, Dialoge), der analysiert und bei der Zuordnung der ICAP-Stufen berücksichtigt werden kann.

4. Beim Lernen finden im Gehirn Wissensveränderungsprozesse statt, die von außen nicht beobachtbar sind (Abb. 4 Zeile 4).

Die für das ICAP-Modell notwendigen elementaren Wissensveränderungsprozesse sind: (i) speichern („store“), (ii) aktivieren von Vorwissen („activate“) und (iii) erschließen („infer“). „Infer“ umfasst die Prozesse verbinden („connect“), verändern („change“) und reflektieren („reflect“).

In jeder Lernsituation können diese Wissensveränderungsprozesse in unterschiedlichen Kombinationen auftreten. Um neue Informationen nicht nur isoliert abzuspeichern, ist es beispielsweise notwendig Vorwissen zu aktivieren, das Wissen mit vorhandenem abzugleichen („reflect“) und ev. neu zu verbinden. Während des Lernens laufen kontinuierlich derartige Prozesse ab (Chi, 2021).

5. Die ICAP-Hypothese und Hierarchie der ICAP-Stufen

Die ICAP-Hypothese besagt, dass die vier ICAP-Stufen des Lernengagements nicht-beobachtbare Wissensveränderungsprozesse im Gehirn widerspiegeln, die für die verschiedenen ICAP-Stufen unterschiedlich sind. Durch die unterschiedlichen Wissensveränderungsprozesse werden unterschiedliche Veränderungen im Wissen (Abb. 4, Zeile 5) erwartet. Dies führt dazu, dass in Abhängigkeit der ICAP-Stufen auch unterschiedliche kognitive Ergebnisse und Lernergebnisse (Abb. 4, Zeilen 6 und 7) erwartet werden.

Bei passivem Lernengagement wird erwartet, dass entstandenes Wissen nur abgerufen werden kann und ein minimales Verständnis entwickelt wird. Bei einem aktiven Lernengagement ist zu erwarten, dass das aufgebaute Wissen nur auf ähnliche Kontexte angewendet

werden kann und dass das Verständnis gering ist. Erst durch ein konstruktives Lernengagement kann erwartet werden, dass das entwickelte Wissen in einen neuen Kontext übertragen werden kann und ein tiefes Verständnis aufgebaut wird. Darüber hinaus wird erwartet, dass bei interaktivem Lernengagement ein tiefstes Verständnis mit dem Potential für die Entwicklung neuartiger Ideen aufgebaut werden kann.

Da die interaktive Stufe bessere Lernergebnisse als die konstruktive und diese wiederum bessere als die aktive und diese als die passive erwarten lässt, hypothesieren Chi & Wylie (2014), dass es „mehr oder weniger“ eine Hierarchie der ICAP-Stufen in Bezug auf die Lernergebnisse gibt, wobei die Übergänge fließend sind.

Chi (2021) weist auf die besondere Bedeutung der interaktiven Stufe hin. Damit das interaktive Lernen wirklich besser als das konstruktive ist, ist es notwendig, dass die Studierenden in ihrer Kleingruppe nicht nur einzeln bereits auf der konstruktiven Stufe sind, sondern dass sie sich während des gemeinsamen Arbeitens auf die Beiträge ihrer Gruppenmitglieder beziehen und wirklich darauf aufbauen. Das Ziel ist, dass jeder „co-generative“ ist. Nach Chi wird in der Realität die interaktive Stufe oft nicht erreicht, da z.B. ein Peer die anderen dominiert und er zwar konstruktiv ist, die anderen aber passiv bleiben. Nicht-interaktiv ist das

Lernen auch, wenn beide Peers gegeneinander oder parallel nebeneinander arbeiten oder wenn sie zwar miteinander arbeiten, aber nur auf der aktiven Stufe.

Chi & Wylie (2014) vergleichen das ICAP-Modell auch mit der Bloomschen Taxonomie (Anderson & Kratwohl, 2001) und stellen unter anderem fest, dass beide komplementär sind. Die Bloomsche Taxonomie fokussiert ihre Nutzenden darauf, Lernziele zu formulieren und zu messen, ob diese erreicht werden, d.h. sie stellt das Lernergebnis in den Mittelpunkt. Das ICAP-Modell hingegen richtet den Blick der Anwendenden auf den Lernprozess selbst und die Mittel bzw. die Art und Weise, wie die Lernziele erreicht werden. Es bietet damit Lehrenden unter anderem ein Framework, um konkrete Lehrentscheidungen zu treffen.

Ein Großteil der Lernziele und angestrebten Lernergebnissen eines Hochschulstudiums liegt gerade bei einem tiefen und tiefsten Verständnis in den jeweiligen relevanten Fächern und Themen, die durch Lernen mit interaktivem oder konstruktivem Lernengagement erreicht werden können. Um das Lernen mit dem SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept einzuordnen, erweist sich das ICAP-Modell als passend, wie auch die folgenden Untersuchungen zeigen.

2.2 Lehrveranstaltungsbeobachtungen im Hinblick auf das ICAP-Modell

Das Unterrichtsbeobachtungsprotokoll ELCOT-3 (**E**ngineering **L**earning **C**lassroom **O**bservation **T**ool) von Sanders et al. (2018) wurde für die Beobachtung von Lehrveranstaltungen an Hochschulen im MINT-Bereich entwickelt. Es ist eine Weiterentwicklung des bekannteren COPUS-Protokolls (Smith et al., 2013) hinsichtlich des kognitiven Engagements. Mithilfe dieser Beobachtungen können die einzelnen Aktivitäten und der zeitliche Verlauf einer Lehrveranstaltung hinsichtlich der ICAP-Stufen klassifiziert werden.

Eine ELCOT-3 Beobachtung umfasst einen qualitativen Fragebogen an die Lehrperson (pre-observation notes), qualitative Notizen der Beobachtenden zur Lehrveranstaltung und ein quantitatives Verlaufsprotokoll.

Im qualitativen Fragebogen wird abgefragt, welche Lernziele in der Lehrveranstaltung erreicht werden sollen, ob es sich um eine typische Lehrveranstaltung für diesen Kurs handelt, an welchen Aufgaben die Studierenden arbeiten sollen und ob es weitere Anmerkungen gibt.

You are: C.L.

GORP

Save Observation

End Observation

ELCOT3

| Qualitative Notes before during after Observation | | | Quantitative Notes during Observation | | |
|---|------------------------------|---|---|---------------------------|-------------------------------|
| Student Organization | NonProductive | L2 Organize | L4 Create | Noncontent | Interaction |
| Individual | Waiting | Summarizing or recapping | Synthesizing | Not engaged with students | Building community or rapport |
| Small Group | Disrupting or off task | Classifying comparing organizing data or info | Critiquing | Administration | Monitoring work |
| Whole Group | Passive | Generating or collecting data or info | Making explicit connections | Instructor Centered | Interacting with small group |
| Student Talk | | Listening passively | Developing or interpreting models or graphics | | Lecturing |
| Answers Question 0 | L1 Role | L3 Apply | Defending explanation | Using a visual aid | Assessing and |
| Asks Question 0 | | | Taking notes | Using concepts to solve | |
| Discussion | Recalling info or procedures | Analyzing data | Time 8:00:12 Time Remaining 1:48 | Modeling thinking | Providing wait time |
| Presentation | Calculating | Explaining using concepts or data | | | Answers question 0 |
| | Following procedure | Considering alternate interpretations | | | Poses task 0 |
| | | Revising work | Other student activity | Other instructor activity | |

COPYRIGHT ©, 2023. THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA. ALL RIGHTS RESERVED.

Abb. 5: Screenshot der Benutzeroberfläche für das Beobachtungsprotokoll nach ELCOT-3. Die einzelnen Schaltflächen können entsprechend der beobachteten Aktivitäten alle zwei Minuten neu ausgewählt werden.

Die Lehrveranstaltung selbst wird von ein oder zwei qualifizierten Personen¹ beobachtet. Die Beobachtenden notieren während der Lehrveranstaltung zum einen, ob die Lernziele kommuniziert wurden, wie viele Studierende zu Beginn der Veranstaltung anwesend sind und zu welchem Zeitpunkt welche der geplanten Lernaktivitäten gestartet wird. Zum anderen dokumentieren sie in zweiminütigen Zeitintervallen das Lernengagement der Studierenden und das Verhalten der Lehrperson nach einem vorgegebenen Schema. Im Einzelnen sind dies die Organisationsform der Studierenden (einzeln, als Kleingruppe oder Gesamtgruppe), die Art der Kommunikation (Fragen, Antworten, Diskussion, Präsentation), eine Bewertung, ob produktiv (stoffrelevant) oder nicht-produktiv gearbeitet wird und das beobachtbare Verhalten (z.B. passives Zuhören, Notizen machen, Selbsterklärung mithilfe von Konzepten oder Daten, Diskussion). Auch das Verhalten der Lehrperson wird detailliert erfasst.

¹ Die beiden Beobachterinnen für diese Arbeit stammen aus dem Physik- und Mathematik-Didaktikteam der TH Rosenheim, haben ein Physik- oder Mathematik-Studium sowie didaktische Weiterbildungen bzw. eine Lehramtsausbildung absolviert und sich anhand der Literatur intensiv in das ELCOT3-Beobachtungsschema eingearbeitet.

Im Nachgang der Lehrveranstaltung notieren die Beobachterinnen, wie viel Prozent der Studierenden sich insgesamt mit den Lernaktivitäten beschäftigt haben (z.B. über 75%) und ob die Inhalte bzw. Aufgaben und die Lernziele im Sinne des Constructive Alignments aufeinander ausgerichtet waren.

Für die hier vorgestellte Untersuchung kam das webbasierte Softwaretool GORP (TEA, 2016) zum Einsatz. Bei diesem Tool (siehe Abb. 3) geschieht die Dokumentation durch Auswahl der entsprechenden Schaltflächen. Teilweise sind noch verfeinerte Angaben möglich (z.B. ob die Studierenden eine organisatorische, eine rein klärende, eine konzeptionelle Frage oder eine sonstige Frage stellen).

In vier Lehrveranstaltungen beobachteten jeweils beide Beobachterinnen unabhängig voneinander die gleichen studentischen Teams (d.h. in etwa zehn unterschiedliche Zweier- oder Dreiergruppen und einer Gesamtdauer der Beobachtungen von 400 min). Es ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung der Einschätzung fast aller studentischen Lernengagements. Im Mittel wurden in einer der Lehrveranstaltungen weniger als 5 min unterschiedlich eingeschätzt. Eine Ausnahme bildeten Lernaktivitäten wie Peer Instruction, bei denen innerhalb der 2 min Intervalle häufige Wechsel der Lernengagements stattfanden.

2.3 Beobachtung einer Lehrveranstaltung im SCALE-UP Raum

Exemplarisch wird hier eine Physik-Lehrveranstaltung (2. Semester in einem baunahen Ingenieurstudiengang) im SCALE-UP Raum gezeigt, in der die Vorlesung fast vollständig durch Lernaktivitäten ersetzt ist. Der zeitliche Ablauf, die Lernaktivitäten und der didaktische Hintergrund sind in Abb. 6 und 7 dargestellt.

Als Vorbereitung bearbeiten die Studierenden in den Tagen vor der Lehrveranstaltung einen an den Lernzielen orientierten Studierauftrag und ein Warm-Up-Quiz auf der Lernplattform moodle. In der Lehrveranstaltung erhalten die Studierenden nach der Begrüßung als Einstieg den Auftrag, in ihren Kleingruppen an den runden Tischen auf einem Whiteboard (analoges „Schreibbrett“, etwa DIN A2 Größe) das aufzuschreiben, an was sie sich noch aus dem Studierauftrag erinnern (siehe Abb. 6 und Abb. 7 links). Diese Abrufmethode von Wissen nützt den sogenannten Testing-Effekt aus und wird Retrieval-Practice genannt (siehe z.B. Retrieval Practice, 2023). Durch diese Aktivität erklären sich die Studierenden gegenseitig den Stoff, soweit sie ihn verstanden haben. Sie können damit auch zeigen, was sie verstanden haben und diejenigen, die weniger vorbereitet sind, werden trotzdem mitgenommen. Die Lehrperson geht währenddessen von Tisch zu Tisch, beobachtet die

Interaktion der Studierenden und die Ergebnisse auf den Whiteboards und stellt steuernde sowie herausfordernde Fragen. Meist stehen nach dieser Phase schon die Grundzüge des Inhalts auf den Whiteboards, so dass die restliche Zeit für Vertiefung verwendet werden kann.

Daran anschließend hält die Lehrperson eine 8-minütige Minivorlesung für den ganzen Kurs, die auch eine Besprechung studentischer Schwierigkeiten im Quiz enthält. Darauf folgend bearbeiten die Studierenden die in Abb. 7b dargestellte Whiteboard-Aktivität (20 min). Die detaillierten Beobachtungsdaten zu dieser Lernaktivität sind in Abb. 8 dargestellt. Im Anschluss an die Whiteboard-Aktivität schließen sich Arbeitsblatt-Aufgaben zum Konzeptverständnis und Rechenaufgaben (20 min), Peer Instruction zum schwierigeren Konzept (10 min), eine individuelle Reflexionsphase (5 min) und Anwendungsaufgaben (10 min) an (Abb. 6).

Diese Lehrveranstaltung wurde mit dem ELCOT-3 Protokoll wie in Abschnitt 2.2 beschrieben beobachtet. Als Beispiel ist ein Auszug aus den Beobachtungsdaten in Abb. 8 dargestellt, der zeigt, wie die Studierenden mit dieser Aufgabe interagieren und wie sich die Lehrperson verhält.

Die in zweiminütigen Intervallen beobachteten kognitiven Engagements werden den einzelnen ICAP-Stufen zugeordnet. Man erkennt an dieser Darstellung, dass die

| Thema Einführung: Wärmetransport in der Bauphysik | | |
|---|---|---|
| Lernziele (Auszug) | Die Begriffe Wärmestrom, Wärmewiderstand und U-Wert werden konzeptionell und rechnerisch richtig auf bauphysikalische Fragestellungen angewandt. Der Wärmestrom durch eine mehrschichtige Wand kann in Analogie zum Ohmschen Gesetz richtig berechnet werden. | ...werden an die Studierenden kommuniziert |
| Pre-Learning | Studierauftrag mit Warm-Up-Quiz (iTT) | ... dient dem Aufbau von Kenntnissen grundlegender Begriffe |

Abb. 6: Beispiel einer SCALE-UP Lehrveranstaltung. Beobachtungsdaten links: Lernziele und Pre-Learning, rechts: zeitlicher Ablauf mit didaktischem Hintergrund und intendierter ICAP-Stufe

| Lehrveranstaltung | | | |
|-------------------|--|---|------------------------|
| Zeitdauer | Lernaktivität | Didaktischer Hintergrund/ Ziel | Intendierte ICAP-Stufe |
| 2 min | Begrüßung und Einführung | Ankommen | |
| 15 min | Retrieval Practice: ... aus dem Gedächtnis! (siehe Abb. 7a) Studierende diskutieren über ihr Wissen zum Thema in Kleingruppen und notieren es auf dem Whiteboard. Die Lehrperson beobachtet die Ergebnisse auf den Whiteboards und fragt vereinzelt gezielt nach. Im Anschluss fotografieren die Studierenden ihr Whiteboard. | Abruf des Wissens aus dem Studierauftrag, verwendet den Testing effect, aktiviert Vorwissen, peer learning, Austausch mit der Lehrperson, Schaffung einer gemeinsamen Wissensbasis in der Kleingruppe | A bis I |
| 8 min | Minivorlesung über Wärmetransportmechanismen, die auch die studentischen Schwierigkeiten aus dem Warm-Up Quiz adressiert. Die Studierenden hören zu bzw. schreiben mit oder ergänzen ihre Aufzeichnungen. | Erhalten von Erklärungen und Feedback aus dem Quiz | A |
| 20 min | Whiteboard-Aktivität (siehe Abb. 7b) Die Studierenden bearbeiten diese in ihrer Kleingruppe, Sparring und Feedback der Lehrperson | Kollaboratives Lernen, aktives Lernen, direktes Feedback von Peers und Lehrperson | C und I |
| 20 min | Arbeitsblatt: Konzeptionelle Fragen und einfache Rechenaufgaben zur mehrschichtigen Wand | Aufbau eines konzeptionellen Verständnisses und „Problem solving“ zum Thema | |
| 10 min | Peer Instruction mit Diskussion über die Analogie des Ohmschen Gesetz in der Wärmelehre und E-Lehre | Erweitern des konzeptionellen Verständnisses | C und I |
| 5 min | Reflektion über die bisherigen Erkenntnisse; Studierende notieren diese individuell | Ergebnisse und Einsichten sichern | C und I |
| 10 min | Arbeitsblatt: Anwendungsaufgabe aus der Bauphysik | Üben und anwenden | C und I |

... aus dem Gedächtnis!



Schreiben Sie alles auf, was Sie zum Wärmetransport wissen: welche Arten gibt es, physikalische Größen mit Einheiten, Gesetze, Formeln, ...

Abb. 7. Zwei Lernaktivitäten der SCALE-UP Lehrveranstaltung aus Abb. 6.

links: Retrieval Practice (Foto: Mutiara Karina CC BY-NC-ND 2.0 Deed);

rechts: Whiteboard-Aktivität (detaillierte Beobachtungsdaten zu dieser Aufgabe in Abb. 8)

Whiteboard Aufgabe

- a) Machen Sie eine Skizze zum Temperaturverlauf in einer Wand im Winter und benennen Sie alle für den Wärmetransport relevanten Größen.
- b) Wie viel Wärme strömt an einem Tag durch eine 3,5 cm dicke Holzwand aus Nadelholz mit einer Höhe von 3,0 m und einer Breite von 5,0 m (Außenwandtemperatur $-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, Innenwandtemperatur $19,0\text{ }^{\circ}\text{C}$)? Berechnen Sie bei diesen Randbedingungen:
- (i) die Wärmestromdichte
 - (ii) die Wärme an einem Tag
- c) Was ist ein Temperaturgradient? Wie groß ist er hier?



Studierenden zur Bearbeitung der Aufgabe in den drei Stufen interaktiv, konstruktiv und aktiv tätig waren. Ihr Lernengagement befand sich auf der aktiven Stufe, indem sie Notizen und Skizzen erstellten, Informationen aus unterschiedlichen Quellen sammelten (z.B. Formelsammlung), Vorwissen abriefen und Berechnungen durchführten. Gleichzeitig nutzten sie Konzepte zum Lösen und erklärten sich gegenseitig die Schritte (konstruktive Stufe). Insbesondere in der Dreiergruppe diskutierten alle Studierenden auf gleichem Niveau, so dass sie auf der konstruktiven und interaktiven Stufe gearbeitet hatten.

Durch die Interaktion mit der Lehrperson um 12:18 Uhr fingen die Studierenden an, über ihr eigenes Lernen zu reflektieren, d.h. sie reflektierten was oder wie sie gelernt haben (auch interaktive Stufe). Nachdem die Lehrperson diesen Tisch verlassen hatte, führte dies zu weiteren Diskussionen und zu einer Überarbeitung der Ergebnisse.

Als die Lehrperson den Eindruck hatte, dass die meisten Gruppen die wesentlichen Ergebnisse der Whiteboard-Aktivität erzielt hatten, fing sie an, die Lösung der Aufgabe zu zeigen. Zu erkennen ist, dass die Studierenden sofort ihr Lernengagement in die passive und aktive Stufe verlagerten. Nach der Demonstration der Lösung hatten die Studierenden immer noch Erklärungs- und Ergänzungsbedarf in ihren Aufzeichnungen. Meist dokumentierten sie die Ergebnisse durch Fotos der Whiteboards oder der demonstrierten Lösung.

Insgesamt zeigt sich, dass die gestellte Aufgabe, die einen wesentlichen Teil der Lernziele adressiert, auf der konstruktiven und sogar meist auf der interaktiven Stufe bearbeitet wurde. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass damit auch das erwünschte Konzeptverständnis erlangt wurde.

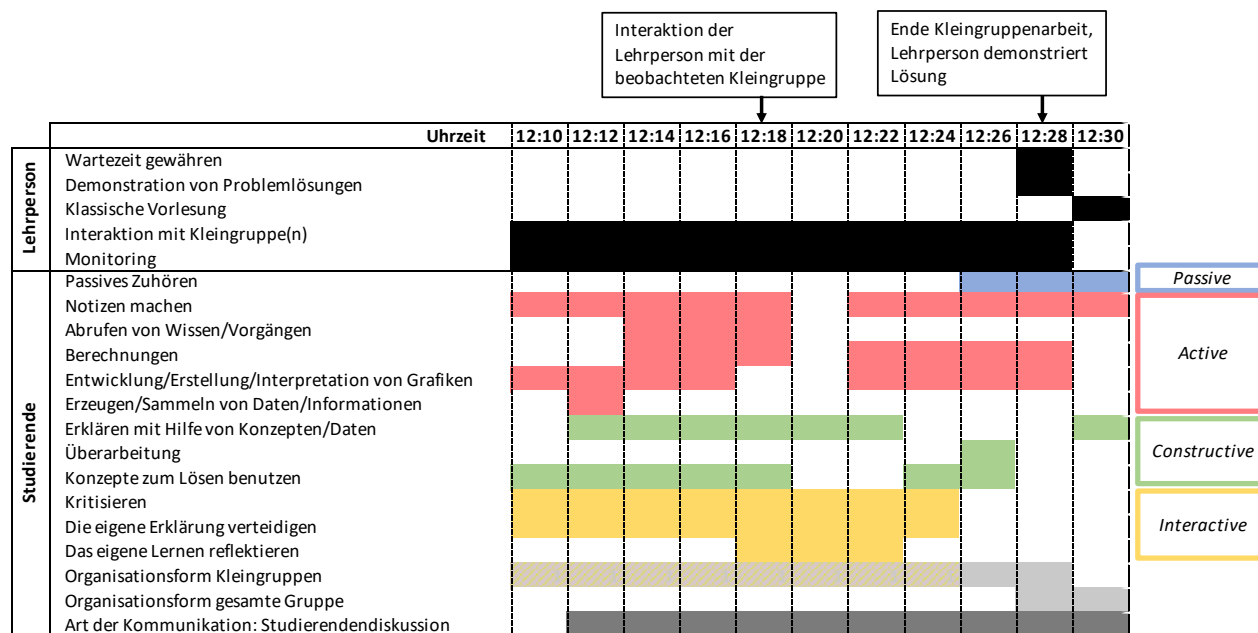


Abb. 8: Beobachtung des kognitiven Engagements von fünf Studierenden an einem zufällig ausgewählten runden Tisch (eine Dreier- und eine Zweier-Kleingruppe) bei Bearbeitung der Whiteboard-Aktivität aus Abb. 7b (Dokumentation alle 2 min unter Einbeziehung der inhaltsbezogenen „Produkte“, d.h. mündliche und schriftliche Äußerungen und Ergebnisse.)
ICAP-Stufe: gelb - interactive, grün - constructive, rot - active, blau - passive.
schwarz: Verhalten der Lehrperson, grau: Organisationsformen und Art der Kommunikation.

2.4 Einordnung der Beobachtungen nach dem ICAP-Modell

Im Sommersemester 2023 wurden sieben Physik- und Mathematiklehrveranstaltungen bei sechs unterschiedlichen Lehrenden und Studiengängen an der Technischen Hochschule Rosenheim mit insgesamt 122 Studierenden nach dem oben beschriebenen ELCOT-3-Protokoll beobachtet. Dabei wurden in jeder Lehrveranstaltung jeweils ein oder zwei Gruppentische mit jeweils zwei Kleingruppen für die Beobachtung zufällig ausgewählt.

In der Auswertung werden die einzelnen Aktivitäten nach dem ICAP-Modell klassifiziert. Im Anschluss wird jedem Zeitintervall die jeweils höchste beobachtete ICAP-Stufe zugeordnet (da $I > C > A > P$).

In Abb. 9 ist dargestellt, welcher Zeitanteil auf der jeweils höchsten ICAP-Stufe verbracht wurde, gemittelt über alle beobachteten Lehrveranstaltungen. Dabei wird die interaktive Stufe nur erreicht, wenn die Studierenden in Kleingruppen arbeiten und jedes einzelne Gruppenmitglied auf der konstruktiven Stufe ist. Die Auswertung zeigt, dass dem Lernengagement der beobachteten Studierenden im Mittel über $(62 \pm 10)\%$ der Zeit die interaktive (45%) und konstruktive Stufe (16%) zugeordnet werden kann, d.h. diese Studierenden haben im Mittel fast zwei Drittel der

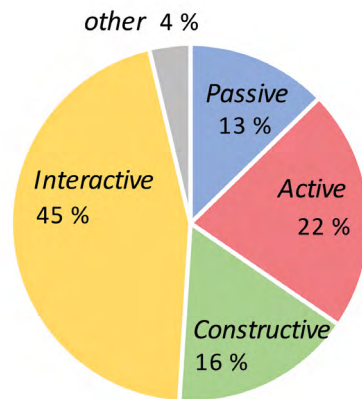


Abb. 9: Zeitanteile der jeweils höchsten ICAP-Stufe. Mittelwert über verschiedene Physik- und Mathematik-Lehrveranstaltungen in Ingenieurstudiengängen in den SCALE-UP Räumen der TH Rosenheim (7 Lehrveranstaltungsbeobachtungen, 6 Lehrende, 122 Studierende am Anfang der Lehrveranstaltung) Erhebungsmethode: Unterrichtsbeobachtung mit ELCOT-3 (Sanders et al., 2018).

Zeit in diesen Lehrveranstaltungen mit einem hohen kognitiven Engagement gearbeitet. Gemäß dem ICAP-Modell ist damit zu erwarten, dass sie in dieser Zeit ein tiefes bzw. tiefstes Verständnis (siehe Abb. 4, Zeile 7) aufbauen konnten.

2.5 Befragung der Studierenden hinsichtlich des ICAP-Modells

Begleitend und ergänzend zur äußeren Beobachtung wurden die beobachteten Studierenden hinsichtlich der subjektiven Einschätzung ihrer im SCALE-UP Raum erlebten Lernengagements befragt. Hierfür wurde auf einen standardisierten Fragebogen von Stegmann et al. (2019) zurückgegriffen, welcher als Instrument zur Erfassung von Lernprozessen nach dem ICAP-Modell entwickelt wurde (siehe Ausschnitt des Fragebogens in Abb. 10). Der Fragebogen adressiert die für die verschiedenen ICAP-Stufen prototypischen Lernengagements. Er ist also eine Art Selbstbeobachtungsbogen für die Lernenden (Stegmann, 2023). Für die Befragung wurden die 30 Items, die jeweils einer ICAP-Stufe zugeordnet werden können, weitgehend übernommen und nur in einzelnen Fällen angepasst. Das von den Befragten eingeschätzte Aktivitätsniveau der ICAP-Stufen kann als Annäherung (proximaler Faktor) der Qualität der kognitiven Verarbeitung verstanden werden.

Die Studierenden schätzen dabei auf einer fünfstufigen Likert-Skala („trifft überhaupt nicht zu“ bis „trifft vollkommen zu“) ein, wie hoch das Niveau der nach den ICAP-Stufen klassifizierten Lernaktivierungen in der Lehrveranstaltung im SCALE-UP Raum mit Blick auf das bisher vergangene Semester erlebt wurde.

Um einen Einblick in die Einschätzung des durchschnittlichen Aktivitätsniveaus für jede ICAP-Stufe zu erhalten, wurden bei der Auswertung der Daten anschließend für jede der Stufen Mean-Skalen gebildet und deren Skalen-Mittelwerte berechnet (Abb. 11). Die Abbildung verdeutlicht, dass die interaktive Stufe mit dem höchsten Wert (Aktivitätsniveau $3,8 \pm 0,7$) einhergeht, gefolgt von der konstruktiven Stufe (Aktivitätsniveau $3,5 \pm 0,7$), der aktiven Stufe (Aktivitätsniveau $3,4 \pm 0,8$) und der passiven Stufe (Aktivitätsniveau $2,5 \pm 0,8$). Wie oben beschrieben ist auch hier: $I > C > A > P$ zu beachten, d.h. die Items erfassen die erlebten Lernaktivierungen kumulativ.

Diese Daten zeigen, dass in den Lehrveranstaltungen im SCALE-UP Raum vorwiegend interaktive, konstruktive und aktive Lernaktivierungen mit einem mittleren bis hohen Aktivitätsniveau von den Studierenden wahrgenommen wurden.

| Bitte geben Sie an, inwieweit folgende Aussagen auf Ihre Lernaktivitäten zugetroffen haben: | trifft überhaupt nicht zu | | | | trifft vollkommen zu |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Ich habe mir gemeinsam mit anderen Lernenden Gedanken zum Lerninhalt gemacht. (<i>interactive</i>) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ich habe verschiedene Aspekte des Lerninhalts miteinander in Beziehung gesetzt. (<i>constructive</i>) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ich habe nicht großartig über den Lerninhalt nachgedacht. (<i>passive</i>) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ich habe mir die Lerninhalte strukturiert. (<i>active</i>) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Abb. 10: Ausgewählte Items des Fragebogens mit Zuordnung zur jeweiligen ICAP-Stufe; insgesamt 30 Fragen, davon 6 Items passive, 4 Items active, 12 Items constructive und 8 Items interactive

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass das aktive Lernen, als kumulatives Zusammenspiel aus interaktiven, konstruktiven und aktiven Lernaktivierungen, bei Veranstaltungen im SCALE-UP Raum mit zugehörigem Lehrkonzept in bedeutendem Maße gefördert werden kann. Insbesondere Lernaktivitäten, die eine konstruktive und interaktive Lernaktivierung hervorrufen, können die tiefste Ebene im Verständnis der Lerninhalte bei den Studierenden unterstützen. Um dies weiter zu untersuchen, sind jedoch tiefergreifende wirkungsfeststellende Untersuchungen notwendig.

Als Limitation sei hier erwähnt, dass die Daten nicht wie im zugrunde liegenden Instrument von Stegmann et al. (2019) IRT-skaliert² ausgewertet wurden. Weitere Analysen sollen deshalb diesbezüglich angestrebt werden.

3. Fazit und Ausblick

SCALE-UP ist ein innovatives Raum- und Lehrkonzept, das Studierenden ein Maximum an aktivem Lernen im Rahmen der regulären Lehrveranstaltung ermöglicht. Es wurde an der TH Rosenheim bisher in zehn Physik-, Mathematik- und

² Item-Response-Theorie (auch probabilistische Testtheorie)

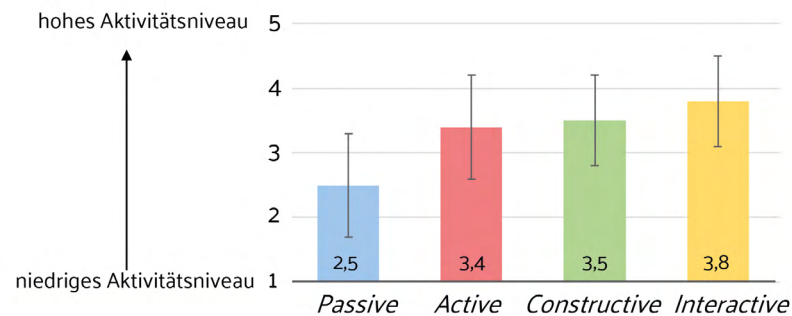


Abb. 11: Angegeben sind die Skalen-Mittelwerte des Aktivitätsniveaus von N=128 Studierenden aus 6 Lehrveranstaltungen in Physik und Mathematik*. Die Zahlen von 1-5 entsprechen der Skalierung im Fragebogen (trifft überhaupt nicht zu - trifft vollkommen zu) und bilden das Ausmaß des Aktivitätsniveaus pro ICAP-Stufe ab.

* Da beim ELCOT3 - Beobachtungsprotokoll die Anzahl der Studierenden am Anfang der Lehrveranstaltung erfasst wird und die Fragebögen am Ende ausgeteilt wurden, ist die Anzahl Studierender in beiden Datensätzen durch zu spät kommende Studierende leicht unterschiedlich (N = 122 bzw. 128).

Ingenieurlehrveranstaltungen erfolgreich implementiert. Das SCALE-UP Konzept kann den Aufbau eines tiefen und tiefsten Verständnisses durch das konstruktive und interaktive Auseinandersetzen mit den Lernaktivitäten im Sinne des ICAP-Modells fördern. Die gemeinsame Zeit von Studierenden und Lehrenden in der Lehrveranstaltung wird somit durch das SCALE-UP Konzept effektiv und auch effizient genutzt.

Der Großteil der Studierenden zeigt in Evaluationen und Interviews eine hohe Zufriedenheit mit der Lehre im SCALE-UP Raum, sie schätzen das kollaborative Arbeiten, die Interaktionen untereinander und mit der Lehrperson und erleben das Lernen als besser, u.a. im Sinne von wirksamer und nachhaltiger. Einige wünschen sich explizit mehr Lehrveranstaltungen in diesem Format.

Der vorliegende Artikel beschreibt den aktuellen Stand der Umsetzung und Evaluation an der TH Rosenheim. Das Konzept wird dort weiterhin kontinuierlich ausgebaut, angepasst, weiterentwickelt und evaluiert werden, insbesondere hinsichtlich passender Lernaktivitäten. In den nächsten Schritten sollen zusätzlich zur Einordnung nach dem ICAP-Modell die Lernzuwächse mittels Vor- und Nachtests in Konzeptverständnis tests (z. B. Force Concept Inventory (Hestenes et al., 1992)) und Klausurergebnisse erfasst werden.

Mit Blick auf die Hochschullehre als Ganzes bietet das SCALE-UP Konzept mit seinem Fokus auf aktives Lernen der Studierenden eine Möglichkeit, den „Shift from Teaching to Learning“ weiter zu befördern, der bereits durch den Bolognaprozess gefordert wird (Wildt, 2007).

Abschließend sei noch ein weiterer, nicht unerheblicher Aspekt genannt: das gemeinsame Lernen, Arbeiten und Lehren im SCALE-UP Raum kann sowohl Studierenden als auch Lehrenden viel Freude bereiten.

Für die Umsetzung des SCALE-UP Raum- und Lehrkonzepts wurde die TH Rosenheim gemeinsam mit der Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel mit der Hochschulperle des Jahres 2022 für „zukunftsorientierte Lernräume“ vom Stifterverband ausgezeichnet (www.th-rosenheim.de/scale-up).

Danksagung

Wir danken unseren Kolleginnen und Kollegen Silke Stanzel, Elmar Junker, Birgit Naumer, Robert Kellner und Michael Griesbeck im Projekt Pro-Aktiv (www.pro-aktiv.de), Teilprojekt des HigHRoQ-Projekts (www.highroq.de), für die langjährige, gemeinsame konstruktive Arbeit, die MINT-Lehre weiterzuentwickeln, Mara Weil aus dem HigHRoQ-Projekt für erste Untersuchungen zum studentischen Lernen, sowie Hanna Dölling vom BayZiel für wertvolle Hinweise zum Manuskript.

Zudem danken wir aus den USA Jerry Feldman (George Washington University) und James Vesenka (University of New England) für die Gastfreundschaft und inspirierende Workshops in Rosenheim, sowie Dawn Meredith & Mike Briggs (University of New Hampshire), John Belcher (MIT), Eric Mazur & Kelly Miller (Harvard University) und David Hammer & Vesal Dini (Tufts University) für die unmittelbare Bereitschaft, „einfach so“ in ihren Lehrveranstaltungen hospitieren zu dürfen, für den spannenden Austausch und das Teilen ihrer vielen Erfahrungen. Ohne diesen Inspirationen wären die SCALE-UP Räume wohl so nicht entstanden.

Die Umbauten der SCALE-UP Räume und Untersuchungen der Lehre wurde durch finanzielle Förderung der Stiftung Innovation in der Hochschullehre unter der Projektnummer

FMM2020-EA-150 des Projekts „Hybride, individuelle und greifbare Hochschullehre in Rosenheimer Qualität (HighRoQ)“ an der TH Rosenheim (2021-2025) und des Projekts BayernMINT (2019-2022) des Bayerischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst ermöglicht.

Literatur

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition. Addison Wesley Longman, Inc.

Beichner, R.J. and Saul, J.M. (2003). 'Introduction to the SCALE-UP (student-centered activities for large enrollment undergraduate programs) Project'. Proceedings of the International School of Physics, Varenna, Italy.

Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Deardorff, D., Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H. & Risley, J. S. (2007). 'The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project'. Research-based reform of university physics, 1(1), 2-39.

Belcher, J. W. (2003). 'Improving student understanding with TEAL'. Faculty Newsletters, 16(8).

Biggs, J. (1996) Enhancing teaching through constructive alignment. Higher Education, 32(3), 347-364.

Chi, M.T.H. (2009). 'Active-constructive-interactive: a conceptual framework for differentiating learning activities', Topics in Cognitive Science, 1(1), 73-105. doi: 10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x

Chi, M.T.H. and Wylie, R. (2014). 'The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes', Educational Psychologist, 49(4), 219-243. doi: 10.1080/00461520.2014.965823

Chi, M. T., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., ... & Yaghmourian, D. L. (2018). 'Translating the ICAP theory of cognitive engagement into practice'. Cognitive science, 42(6), 1777-1832.

Chi, M.T.H. (2021). 'Translating a Theory of Active Learning: An Attempt to Close the Research-Practice Gap in Education', Topics in Cognitive Science, 13(3), pp. 441-46. doi: 10.1111/tops.12539

Cummings, K., Marx, J., Thornton, R., & Kuhl, D. (1999). 'Evaluating innovation in studio physics'. American journal of physics, 67(S1), 38-44.

Dölling, H., Schäfle, C. und Hirt, J (2024). 'Das SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept – Einblicke in die Erfahrungen von Lehrenden', Didaktiknachrichten DINA des BayZiel.

Foote, K. T., Neumeyer, X., Henderson, C., Dancy, M. H., & Beichner, R. J. (2014). 'Diffusion of research-based instructional strategies: the case of SCALE-UP'. International Journal of STEM Education, 1(1), 1-18.

Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K. Okoroafor, N., Jordt, H., and Wenderoth, M.P. (2014). 'Active learning boosts performance in STEM courses'. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111 (23), 8410–5.

Gaffney, J. D., Richards, E., Kustus, M. B., Ding, L., & Beichner, R. J. (2008). 'Scaling up education reform'. Journal of college science teaching, 37(5), 48.

Gaffney, J., & Direnga, J. (2023). 'Setting-Specific Learning Environments' in the International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics, edited by M.F. Taşar and P.R.L Heron (AIP Publishing), pp 9-1 - 9-28.

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

Harvard, 2013. <https://seas.harvard.edu/news/2013/09/ap-50-students-own-their-education> abgerufen am 18.1.2024.

Henderson, J. B. (2019). 'Beyond "Active Learning": How the ICAP Framework Permits More Acute Examination of the Popular Peer Instruction Pedagogy', *Harvard Educational Review*, 89(4), 611–634. doi: [10.17763/1943-5045-89.4.611](https://doi.org/10.17763/1943-5045-89.4.611).

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

Hoellwarth, C., Moelter, M. J., & Knight, R. D. (2005). 'A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms'. *American Journal of Physics*, 73(5), 459-462.

Kautz, C., Direnga, J. und Schäfle, C. (2024). 'Physik gemeinsam konstruieren' *Physik Journal*, 23(1), 33-37.

Kellner, R. und Stanzel, S. (2022). 'Vorher lesen statt vorgelesen'. *Physik Journal*, 21(7), 35-38.

Laws, P. W. (1991). 'Calculus-based physics without lectures'. *Physics today*, 44(12), 24-31.

Mazur, E. (1997). 'Peer instruction: A user's manual'. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall. Auf Deutsch: Kurz, G., Harten U. (2017): 'Peer Instruction Ineraktive Lehre praktisch umgesetzt'. Springer. Auch: Mazur, E (2009). 'Farewell, lecture?' *Science* 323, 50-51.

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

McNeil, J., Borg, M., Kennedy, E., Cui, V., Puntha, H., & Rashid, Z. (2017). *SCALE-UP Handbook* <https://aclproject.org.uk/wp-content/uploads/2017/12/SCALE-UP-Handbook-2017-18.pdf>. (abgerufen am 7.1.2024)

McNeil, J., & Borg, M. (2020). SCALE-UP at Nottingham Trent University: The adoption at scale of an active learning approach for diverse cohorts. *Innovations in Active Learning in Higher Education*.

Müller, C., Buchner, J., Erlemann, J., & Spörri, S. (2022). Lernaktivierung in digitalen Lernangeboten mit myScripting designen. *Inverted Classroom beyond*, 10, 21-33.

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

NTU (2023) 'SCALE-UP 10 years on' <https://www.ntu.ac.uk/about-us/teaching/academic-development-and-quality/cadq-blogs/scale-up-10-years-on> (abgerufen am 7.1.2024)

Retrieval Practice (2023) <https://www.retrievalpractice.org/retrievalpractice>

Riegler, P. (2019a). 'Der Hörsaal als dritter Pädagoge: Wirksamkeit einer interaktionsfreundlichen Umgebung' in *Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern*, Herausgeber: B. Meissner, C. Walter, B. Zinger, J. Haubner, F. Waldherr ISSN 1612-4537.

Riegler, P. (2019b). 'Spatial aspects of teaching and learning: The classroom as a third educator' In *Proceedings of EuroSoTL19: Exploring new fields through the scholarship of teaching and learning*, Bilbao.

Sanders, M., Spiegel, S., & Sherer, J. Z. (2018). 'Moving Beyond "Does Active Learning Work?" with the Engineering Learning Observation Protocol (ELCOT)'. In 2018 ASEE Annual Conference & Exposition. doi: [10.18260/1-2-30827](https://doi.org/10.18260/1-2-30827).

SCALE-UP Adopters (2024). (abgerufen am 7.2.2024)

SCALE-UP Deutschland (2024). (abgerufen am 11.2.2024)

Schäfle, C., & Junker, E. (2023). 'Just-in-Time Teaching mit Peer Instruction: agil, aktivierend, lernendenzentriert, wirksam.' Inverted Classroom and beyond 2023: Agile Didaktik für nachhaltige Bildung, 130.

Smith, M. K., Jones, F. H., Gilbert, S. L., & Wieman, C. E. (2013). 'The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS): A new instrument to characterize university STEM classroom practices' *CBE—Life Sciences Education*, 12(4), 618-627.

Stegmann, K., Stadler, M., Sailer, M., Murböck, J., Bauer, E. & Radkowitzsch, A. (2019). 'Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Lernprozessen nach dem ICAP-Modell', Posterbeitrag: Tagung der Sektionen Entwicklungspsychologie und Pädagogischer Psychologie der DGPs „Variation: Noise or Norm?“ 9. – 12. September, Leipzig.

Stegmann, K. (2023), persönliche Mitteilung.

T.E.A. Tools for Evidence-based Actions (2016). GORP: General Observation and Reflection Platform. The Regents of the University of California; <https://gorp.ucdavis.edu/>. (abgerufen am 7.1.2024)

Wilson, J. M. (1994). The CUPLE physics studio. *The Physics Teacher*, 32(9), 518-523.

Wildt, J. (2007). Vom Lehren zum Lernen. In Berendt, B., Szczyrba, B., Voss H.-J., & Wildt, J. (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre: Lehren und Lernen effizient gestalten* (S. 1-14). Stuttgart Raabe.



Claudia Schäfle ist Professorin für Physik an der TH Rosenheim und wissenschaftliche Leiterin des Bereichs Lehr- und Lernforschung am BayZiel. Ihr Forschungsinteresse gilt unter anderem dem Einsatz, der Weiterentwicklung, Verbreitung und Wirkung aktivierender, konzeptverständnisorientierter Lehrkonzepte in der Hochschullehre, insbesondere im MINT-Bereich.



Christine Lux (Dipl. Phys.) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in Didaktikprojekten zu aktivierender Lehre an der TH Rosenheim seit 2020. Nach ihrem Studium der Physik an der LMU München war sie 12 Jahre in der Industrie tätig.



Julia Neubert studierte Mathematik für das Lehramt an der LMU München und arbeitet seit 2022 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TH Rosenheim. Im Rahmen des Projekts „HigHRoQ“ beschäftigt sie sich mit aktivierenden Lehrmethoden und der Evaluation innovativer Lehrräume.



Rebeka Dees (M.A. Pädagogik) ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TH Rosenheim tätig. Im Rahmen des Projektes „HigHRoQ“ – gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre – liegt ihr Tätigkeitsfeld insbesondere in der Durchführung und Unterstützung von Evaluationen innovativer Lehr-/Lernkonzepte. Darüber hinaus unterstützt sie den Studiengang Ingenieurpädagogik in der Studiengangentwicklung und -organisation.