



# TeachING-LearnING.EU discussions Innovationen für die Zukunft der Lehre in den Ingenieurwissenschaften

RWTH Aachen University - Ruhr-Universität Bochum - Technische Universität Dortmund

TeachING–LearnING.EU discussions

Innovationen für die Zukunft der Lehre in den Ingenieurwissenschaften

RWTH Aachen University

Ruhr-Universität Bochum

Technische Universität Dortmund

© TeachING-LearnING.EU 2013

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya, Technische Universität Dortmund

Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke, RWTH Aachen University

Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann, Ruhr-Universität Bochum

Dominik May, Technische Universität Dortmund

Nina Friese, Technische Universität Dortmund

Christiane Ernst, Technische Universität Dortmund

Sandra Lenz, Technische Universität Dortmund

Kristina Müller, Ruhr-Universität Bochum

Katharina Schuster, RWTH Aachen University

Redaktion:

Dominik May

Nina Friese

Christiane Ernst

Sandra Lenz

Layout, Satz und Gestaltung:

Sven Neidig

Titelbild:

Sven Neidig

ISBN: 978-3-9814593-5-7

Besuchen Sie uns im Internet:

[www.teaching-learning.eu](http://www.teaching-learning.eu)

---

## Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| Grußwort des Vorstands .....   | 6         |
| <b>I. Studiengangsgestaltung und Curriculumentwicklung .....</b>   | <b>8</b>  |
| Kompetenzorientierte Ausbildung im Bauingenieurwesen .....   | 9         |
| Das Magdeburger Lehrkonzept.....   | 18        |
| „Ran ans Werk!“ .....  | 25        |
| Innovative XXL-Lehre: Das Beispiel „Kommunikation und Organisationsentwicklung“<br>an der RWTH Aachen.....           | 34        |
| Kreative Forschende oder fleißige Arbeitsbienen?.....  | 45        |
| <b>II. Studentische Mitgestaltung und Studierendenperspektive .....</b>  | <b>54</b> |
| OpenBologna – Wege in die Zukunft .....  | 55        |
| Kompetenzerwerb im ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang verglichen<br>mit beruflichen Anforderungen..... | 60        |
| Motivationen und Hindernisse für die Auslandsmobilität von Studierenden in MINT-Fächern.....                         | 72        |
| „Praxis, Praxis, Praxis! Vermittlung von Theorie allein reicht leider nicht mehr aus.“ .....                         | 82        |
| <b>III. Hochschulforschung und Hochschuldidaktik .....</b>   | <b>88</b> |
| Die Wirksamkeit hochschuldidaktischer Interventionen aus Sicht von Lehrenden und<br>Studierenden.....                | 89        |
| Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung .....   | 99        |

---

|   |            |
|---|------------|
| „The only Source of Knowledge is Experience“ .....  | 117        |
| Die 5-Minuten-Hochschuldidaktik? .....  | 130        |
| Praxisorientierte Technikdidaktik .....   | 132        |
| <b>“Wir sprechen miteinander und ziehen am selben Strang” – Interview mit den Professoren</b> |            |
| <b>A. Erman Tekkaya und Johannes Wildt .....</b>  | <b>140</b> |
| <b>IV. Berufliche Kompetenzen und Praxisimulation.....</b>                                    | <b>148</b> |
| Abschlussbericht zum Lehrprojekt „Hands-on Mechatronik“ .....                                 | 149        |
| IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering.....  | 154        |
| Produktentwicklung in der chemischen Industrie.....   | 158        |
| Neukonzeption einer Vorlesung „Spanende Werkzeugmaschinen II“ .....                           | 162        |
| Simulation und Herstellung nanoelektronischer Bauelemente .....                               | 166        |
| <b>V. Experimente und Labore .....</b>  | <b>168</b> |
| Scrutineering Kinetics .....  | 169        |
| Interaktive Experimente an Kommunikationssystemen.....  | 179        |
| IM-Lab: Interaktive Messtechnik-Vorlesung mit LabVIEW .....                                   | 182        |
| Studierendenwettbewerb Autonome Fahrzeuge .....   | 187        |
| Problem-based Laboratory Learning in Engineering Education – PBLL@EE.....                     | 192        |
| Kompetenzorientierung bei Laborversuchen im Maschinenbau .....                                | 199        |

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>VI. Mentoring und Peer-Coaching.....</b>  | <b>210</b> |
| Synergien durch Erfahrungstransfer.....  | 211        |
| Studis für Studis.....   | 219        |
| easyInternship Online.....   | 223        |
| TOP Master .....   | 227        |
| <br>   |            |
| <b>VII. Internationalisierung und virtuelle Lernwelten .....</b>   | <b>232</b> |
| Transnationales kooperatives Lernen für Studierende der Ingenieurwissenschaften<br>mittels Online-Lehrumgebungen zur Ausbildung interkultureller Kompetenz ..... | 233        |
| iPodia – innovative, international, interactive higher education .....   | 242        |
| Verbesserung der Lernerfahrung durch die Integration des Virtual Theatres in die<br>Ingenieurausbildung .....  | 246        |
| RUB-Ingenieurwissenschaften expandieren in die virtuelle Lernwelt .....  | 261        |

---

## Grußwort des Vorstands

Sehr geehrte Akteurinnen und Akteure der Ingenieurausbildung, im Rahmen der Initiative „Bologna - Zukunft der Lehre“ hat TeachING-LearnING.EU im Sommer 2010 seine Arbeit aufgenommen...

Diese Publikation und die damit verbundene Fachkonferenz 2013 „movING forward – from vision to mission“ bilden den Abschluss der Projektphase von TeachING-LearnING.EU. Dank der Förderung der Stiftung Mercator und der VolkswagenStiftung ist es dem Verbund der drei Universitäten RWTH Aachen University, Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund gelungen, die vorhandene Expertise im Bereich des Lehrens und Lernens in den Ingenieurwissenschaften im Kompetenz- und Dienstleistungszentrum TeachING-LearnING.EU zu bündeln.

Ziel unseres Zentrums ist es, die Qualität ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge im Kontext des Bologna-Prozesses nachhaltig zu verbessern und die gewonnenen Erkenntnisse und Resultate breit nutzbar zu machen. Die Bündelung der Kompetenzen dreier forschungsstarker ingenieurwissenschaftlicher Universitäten mit ihren bundesweit anerkannten hochschuldidaktischen Zentren bildet hierfür eine optimale Basis.

Mit der hier vorliegenden Publikation „TeachING-LearnING.EU discussions“ nehmen wir vor allem unsere Rolle als Multiplikator innerhalb der ingenieurdidaktischen Community wahr. Sie ist somit eine Plattform für die deutschlandweiten Akteurinnen und Akteure der Ingenieurausbildung, damit diese ihre Ideen sowie Konzepte der Community präsentieren und auf diese Weise die Diskussion weiter voran trei-

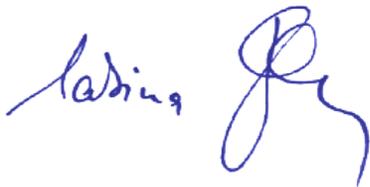
---

ben können. Die Vielzahl an Beiträgen zeigt uns vor allem, dass die Thematik eine zentrale und der Bedarf nach Austausch groß ist.

Wir bedanken uns an dieser Stelle herzlich bei der Stiftung Mercator und der VolkswagenStiftung, bei unseren Kolleginnen und Kollegen aus der Wissenschaft sowie bei unseren Projektpartnerinnen und -partnern. Ein ganz besonderer Dank gilt auch allen Autorinnen und Autoren, die einen Beitrag zu dieser Publikation eingereicht und so maßgeblich dazu beigetragen haben, dass Sie nun sowohl inhaltlich vielfältige als auch inspirierende Einblicke in die Lehre der Ingenieurwissenschaften in Ihren Händen halten.

Wir wünschen Ihnen bei der Lektüre viel Freude und nehmen Sie den Titel gerne beim Wort – diskutieren Sie weiter!

Der Vorstand von TeachING-LearnING.EU



Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke  
RWTH Aachen University



Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann  
Ruhr-Universität Bochum



Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya  
Technische Universität Dortmund

---

# Studiengangsgestaltung und Curriculumentwicklung

---

# Kompetenzorientierte Ausbildung im Bauingenieurwesen

## Lösungsansätze am Beispiel des Dortmunder Modells Bauwesen

### Einleitung

Die universitäre Ausbildung von Bauingenieuren/-innen (in dieser Ausarbeitung wird im Folgenden zur besseren Lesbarkeit die männliche Form genutzt, dabei sind Frauen und Männer gleichermaßen gemeint) zielt im Wesentlichen auf die Vermittlung von Fachkompetenzen zur Befähigung der erfolgreichen Ausübung des Bauingenieurberufs ab. Aber auch Schlüsselkompetenzen spielen in der Ausbildung eine immer wichtigere Rolle. Während die Vermittlung von Fachkompetenz auf die Befähigung der Lösung konkreter Anforderungen des Bauingenieurberufs durch die kritische Anwendung fachlicher Methoden abzielt [1], sind Schlüsselkompetenzen auf die Weiterentwicklung personenbezogener Kompetenzen ausgerichtet.

Aktuell ist festzustellen, dass die einzelnen Fachdisziplinen im Bauingenieurwesen einer steigenden Komplexität unterliegen. So werden etwa die technischen Regelwerke und die vertraglichen Vereinbarungen umfangreicher; Kosten-, Termin- und Ergebnisdruck steigen stetig [2]. Darüber hinaus erhöht sich in vielen Arbeitsfeldern die Anzahl der Schnittstellen mit anderen Fachdisziplinen, die fachübergreifendes Wissen zur Steuerung komplexer Prozesse erfordern. Die Ausbil-

dung von Bauingenieuren sollte diese Entwicklungen berücksichtigen.

Neben diesem erweiterten Fokus auf die Ausbildungsziele hat sich auch die Möglichkeit der Informationsbeschaffung stark gewandelt; durch das Internet lassen sich unzählige Quellen in kürzester Zeit erschließen. Aus diesen Entwicklungen ergibt sich die Konsequenz, dass auch der Charakter der Wissensvermittlung einem Wandel unterliegen sollte. Dieser Wandel vom Lehren zum Lernen ist ein wesentlicher Aspekt des hochschuldidaktischen Diskurses. Durch diesen sogenannten „Shift from Teaching to Learning“ [3],[4],[5] soll die Kompetenzorientierung und das Lernergebnis und seine Anwendbarkeit im Sinne einer Studierendenorientierung [5] in den Vordergrund rücken.

An die Ausbildung im Bauingenieurwesen werden somit zahlreiche Anforderungen gestellt, denen mit unterschiedlichen Lehr- und Lernformaten Rechnung getragen werden kann. Dabei ist das Spannungsfeld zwischen Vermittlung von Fachwissen auf der einen Seite und überfachlichen Kompetenzen auf der anderen Seite bei gleichbleibender Lehr- und Lernzeit zu berücksichtigen. Auch die Lehrenden müssen sich zwischen den Anforderungen an die aktuelle Forschung und die praxisnahe

Ausbildung positionieren [6] und eine hochwertige Lehre mit knapper werdenden Budgets und hohen Studierendenzahlen in Einklang bringen.

In diesem Beitrag werden Ansatzpunkte für den iterativen Prozess einer fachübergreifenden Lehrkonzeption der Bauingenieurausbildung unter Berücksichtigung der beschriebenen Anforderungen dargestellt. Anschließend werden beispielhaft Lehr- und Lernformate aufgeführt, ihre Eignung zur Kompetenzvermittlung beurteilt und Möglichkeiten zur Sicherstellung des Praxisbezugs diskutiert. Am Beispiel des Dortmunder Modells Bauwesen sind einige praktische Umsetzungsansätze dargestellt.

## **1. Fachübergreifende Lehrkonzeption für die Bauingenieurausbildung**

Das Fachwissen der Lehrpersonen und die Einbeziehung aktueller Forschungsergebnisse und Entwicklungen in ihren Lehrbereichen stellt die aktuelle Lehre in den jeweiligen Fachdisziplinen sicher. Neben der freien Ausgestaltung der Lehre und Forschung nach Meinung und Schwerpunkten der Lehrpersonen – wie im Grundgesetz als Grundrecht verankert [7] – erscheint eine gemeinsame Abstimmung der Lehrinhalte innerhalb einer Fakultät als sinnvoll, um eine umfassende universitäre Ausbildung sicherzustellen.

Mit einer übergreifenden Abstimmung und Kommunikation des Rahmenplans der Lehr- und Lernziele innerhalb einer Fakultät sollten sowohl die einzelnen Fächer als auch unterschiedliche Bachelor- und Masterstudiengänge in Umfang und Inhalt zur Sicherstellung der Anschlussfähigkeit aufeinander abgestimmt werden [6]. Diese Vorgehensweise wird beispielsweise

durch Akkreditierungsgesellschaften überprüft. Diese gemeinsame Abstimmung stellt den einzelnen Lehrenden einen Rahmen zur Verfügung, anhand dessen die Lehre und Forschung frei ausgestaltet werden können.

Der iterative Prozess einer fachübergreifenden Lehrkonzeption lässt sich in fünf Schritte gliedern (siehe Abbildung 1). In einem ersten Schritt fließen beispielsweise aktuelle Entwicklungen der Forschung, Praxisanforderungen und Expertenwissen in die Definition der Anforderungen an die Kompetenzen sowie Lehr- und Lernziele ein. Nachfolgend oder auch parallel dazu wird der Status quo ermittelt, indem beispielsweise die Curricula und die Angebote der Lehrgebiete aufgeführt und nach Möglichkeit zusätzlich durch Studierende und Lehrende anhand vorgegebener Bewertungsfaktoren evaluiert werden. Aus diesen beiden Prozessschritten lässt sich dann in einem dritten Schritt der Handlungsbedarf identifizieren und die durchzuführenden Maßnahmen bezüglich Curricula und der Kompetenzentwicklung der Lehrenden ableiten.

Der Umsetzung der Maßnahmen als vierter Schritt sollte als fünfter Schritt die regelmäßige Kontrolle und die sich daraus ergebenden Anpassungen folgen. Wichtig ist dabei, dass der identifizierte und umgesetzte Handlungsbedarf in realistisch durchführbaren, individuell festgelegten Schritten durchgeführt wird und sich die Beteiligten nicht zu viel auf einmal vornehmen. In regelmäßigen Abständen (beispielsweise alle vier bis sechs Jahre) ist ein Neudurchlauf des Prozesses in Angriff zu nehmen, um die Qualität der Ausbildung nachhaltig sicherzustellen.

Um den iterativen Prozess der fakultätsübergreifenden Lehrkonzeption durchführen zu können, sind zuerst einige Rahmenbedingungen zu schaffen. Zum einen ist

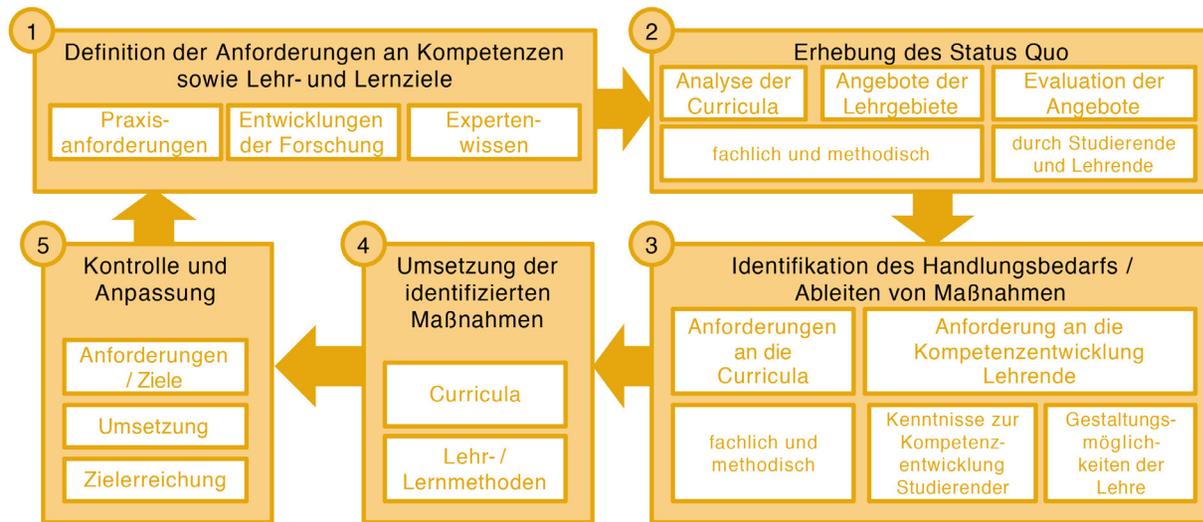


Abb. 1. Iterativer Prozess einer fachübergreifenden Lehrkonzeption

die Position des Studiendekans zu stärken und mit den entsprechenden Kapazitäten auszustatten, zum anderen ist ein fachlich kompetenter Studiengangskoordinator mit klarem Mandat des Dekanats zur Begleitung des Prozesses erforderlich. Die Verantwortung für den Prozess sollte beim Dekanat verankert sein, um die besondere Bedeutung und Unterstützung herauszustellen. Neben dieser organisatorischen Unterstützung ist auch die Unterstützung der Lehrenden bei der Umsetzung von neuen Lehrkonzepten entscheidend. So kann beispielsweise durch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der didaktischen Fähigkeiten und dem Ausbau von Methodenkenntnissen zur Gestaltung von Lehrveranstaltungen ein Wandel hin zum kompetenzorientierten Lernen gefördert werden. Hochschuldidaktische Einrichtungen und / oder strukturierte Fortbildungsprogramme der Universitäten können dabei die langfristige Kompetenzentwicklung Lehrender unterstützen; als

Beispiel ist das Programm der TU Dortmund „Professionelle Lehrkompetenz für die Hochschule“ anzuführen.

## 2. Bausteine der Bauingenieursausbildung

Bei einer Befragung von Bachelor-Absolventen des Abschlussjahrgangs 2009 etwa ein Jahr nach erfolgreichem Studienabschluss wurden Einschätzungen zur Bewertung der Lehre im Studium erhoben. Von den befragten Absolventen des Bauingenieurwesens und der Architektur an Universitäten antworteten 44 % der Befragten, dass (überwiegend) unterschiedliche Lehrformen eingesetzt wurden; 42 % sagten aus, dass die aktive Mitarbeit der Studierenden (überwiegend) gefördert wurde aber nur 29 % der Befragten gaben an, dass die kritische Auseinandersetzung mehrheitlich gefördert wurde. Sogar

nur 18 % gaben an, dass es mehrheitlich rege Diskussionen gab [8].

Bei der Befragung der gleichen Gruppe nach Kompetenzanforderungen im Beruf des Bauingenieurs bzw. Architekten wurden Methodenkompetenzen von 96 % der Befragten als wichtig oder sehr wichtig eingeschätzt, die gleiche Einschätzung teilten für spezielles Fachwissen nur 76 % und für breites Grundlagenwissen 83 %. Auch Sozialkompetenzen (86 %) und Selbstorganisationsfähigkeit (90 %) wurden bei dieser Befragung als wichtiger als Fachwissen angesehen [8]. Trotz kritischer Hinterfragung der Ergebnisse wird deutlich, dass die universitäre Ausbildung den veränderten Bedingungen von Wissensvermittlung sowie den veränderten Anforderungen an überfachliche Kompetenzen mit innovativen Lehr- und Lernkonzepten begegnen sollte. Dazu sind die traditionellen Lehrformate zu hinterfragen und neue Lehrformate in die Lehre nach Möglichkeit zu integrieren und der Praxisbezug zu stärken.

## 2.1 Qualifikationsziele eines kompetenzorientierten Bauingenieurstudiums

Die oben genannte Studie sowie weitere Untersuchungen [9] zeigen, dass die fachliche Ausbildung die Studierenden ausreichend auf ihren Beruf vorbereitet und somit eine angemessene Fachkompetenz gegeben ist, jedoch Defizite im Hinblick auf überfachliche Kompetenzen bestehen. Die überfachlichen Kompetenzen werden dabei in der Hochschulbildung häufig in die drei Teilbereiche Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Selbstkompetenz gegliedert.

Methodenkompetenz umfasst unter anderem Lern- und Informationsgewinnungsstrategien, Organisa-

tions- und Projektmanagement- sowie Beratungs- und Forschungskompetenzen. Zur Sozialkompetenz zählen beispielsweise Qualifikationen wie Transfer-, Team-, Konflikt- und Moderationsfähigkeiten, aber auch unternehmerisches Denken und soziale Verantwortung. Unter Selbstkompetenz sind Leistungsbereitschaft, Kreativität [9] oder Verantwortungs- und Pflichtbewusstsein zu verstehen. Neben der Vermittlung von Fachwissen sollte die Vermittlung dieser überfachlichen Kompetenzen stärker in den Fokus des Bauingenieurstudiums treten. Der Einfluss bestimmter Veranstaltungen auf die Entwicklung dieser Kompetenzen ist häufig kaum oder nicht direkt ablesbar. Trotzdem gibt es Lehrveranstaltungen, die die Ausbildung dieser Kompetenzen nach dem Erfahrungswissen aus dem Masterstudiengang Bauprozessmanagement und Immobilienwirtschaft stärker fördern als andere, wie in Tabelle 1 dargestellt. In diesem Masterstudiengang des Bereichs Bauingenieurwesen werden Architektur- und Bauingenieurstudierende gemeinsam ausgebildet (siehe Abbildung 2).

Bei Lehr- und Lernformaten, die die Selbst- und Methodenkompetenz im Besonderen fördern, verfügen die Studierenden in der Regel über eine aktive Rolle. Diese Formate können beispielsweise Übungen und Fallstudien, in denen eigenständig Berechnungen durchgeführt werden, Seminare, in denen selbstständig Themengebiete erarbeitet werden oder auch die studienabschließenden Bachelor- und Masterarbeiten sein.

Besonders geeignet für die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen sind interdisziplinäre Projekte. Bei Projektarbeiten kommt positiv hinzu, dass durch die Interaktion mit anderen Studierenden im Rahmen einer Projektgruppe die Sozialkompetenzen in hohem Maße trainiert werden.

# KOMPETENZORIENTIERTE AUSBILDUNG IM BAUINGENIEURWESEN

| Lehrformate<br>Kompetenzen   | Vorlesungen | Wahlpflichtfächer | E-Learning* | Fallstudien | Seminare und<br>Übungen | Projekte | Abschlussarbeiten |
|--|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|----------|-------------------|
| <b>Fachkompetenz</b>   |             |                   |             |             |                         |          |                   |
| Wissenschaftlich fundierte Fachkenntnisse  | XX          | X                 | XX          | X           | X                       | X        | XX                |
| Methodenkenntnisse zur Lösung fachlicher Fragestellungen   | XX          | X                 | X           | XX          | XX                      | XX       | XX                |
| Fähigkeit zur krit. Reflexion & fachübergreifenden Einordnung  | X           | X                 | X           | XX          | XX                      | XX       | XX                |
| <b>Methodenkompetenz</b>   |             |                   |             |             |                         |          |                   |
| Lernstrategien   | O           | O                 | XX          | X           | X                       | XX       | XX                |
| Informationsgewinnungsstrategien   | O           | X                 | X           | X           | X                       | XX       | XX                |
| Organisations- und Projektmanagementkompetenzen  | O           | O                 | X           | X           | X                       | XX       | XX                |
| Beratungs- und Forschungskompetenzen   | X           | O                 | O           | X           | XX                      | X        | XX                |
| <b>Sozialkompetenz</b>   |             |                   |             |             |                         |          |                   |
| Transferfähigkeiten  | X           | XX                | X           | XX          | XX                      | XX       | XX                |
| Teamfähigkeiten  | O           | O                 | O           | X           | X                       | XX       | O                 |
| Konfliktfähigkeiten  | O           | O                 | O           | X           | O                       | XX       | X                 |
| Moderationsfähigkeiten   | O           | O                 | X           | X           | O                       | XX       | X                 |
| Soziale Verantwortung  | X           | X                 | X           | XX          | X                       | XX       | X                 |
| <b>Selbstkompetenz</b>   |             |                   |             |             |                         |          |                   |
| Leistungsbereitschaft  | X           | X                 | XX          | X           | X                       | XX       | XX                |
| Kreativität  | O           | X                 | X           | XX          | X                       | XX       | XX                |
| Verantwortungs- und Pflichtbewusstsein   | X           | X                 | X           | X           | XX                      | XX       | XX                |
| XX: hohe Eignung    X: Eignung        O: wenig Einfluss  |             |                   |             |             |                         |          |                   |
| * Als E-Learning ist unter anderem die Organisation der Veranstaltungen, die Verteilung von Unterlagen, Informationen und Aufgaben sowie die Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden zu fachlichen und organisatorischen Inhalten zu verstehen. |             |                   |             |             |                         |          |                   |

*Tabelle 1. Vermittlung von Kompetenzen in der Bauingenieurausbildung*

So werden in der Projektarbeit insbesondere die Team-, Konflikt- und Moderationsfähigkeiten geschult. Die in der Tabelle dargestellten Lehrformate sind dabei hinsichtlich der Aktivität der Studierenden von eher passiver Teilnahme zu aktiver Tätigkeit gegliedert.

Eher weniger geeignet für die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen sind Veranstaltungen, die stark auf die reine Wissensvermittlung ausgerichtet sind und in denen die Studierenden eine eher passive Rolle innehaben. Für die Entwicklung von Fachkompetenz sind diese Veranstaltungen als geeignet anzusehen.

Es ist also immer auf einen geeigneten „Kompetenz-Mix“ bei der Entwicklung der einzelnen Qualifikationen zu achten. Für die Vermittlung der Fachinhalte können zum Beispiel auch E-Learning-Module geeignet sein, die mit Präsenzveranstaltungen gekoppelt werden. Dabei erlernen die Studierenden eigenständig Lernstoff, ggf. mit Diskussionsmöglichkeiten in Foren und diskutieren und vertiefen diese in Präsenzveranstaltungen mit der Lehrperson. Dabei verändert sich die Rolle des Lehrenden vom Charakter eines Wissensvermittlers hin zu einer unterstützenden Coaching-Rolle bei der eigenständigen Erarbeitung von Lerninhalten durch die Studierenden.

Es ist kritisch anzumerken, dass die Veränderung der Lehr- und Lernformate schrittweise stattfinden sollte. Sowohl die Lehrenden als auch die Studierenden benötigen Zeit und Erfahrung, um die neuen Lehr- und Lernformate für die jeweilige fachliche Fragestellung optimal umzusetzen und zu nutzen. Lehrende benötigen möglicherweise mehr Zeit in Vorbereitung und Durchführung, Studierende müssen ggf. für die neuen Formate motiviert werden und sich an höhere Herausforderungen des Lernens gewöhnen.

## 2.2 Sicherstellung des Praxisbezugs in der Bauingenieurausbildung

Praxisbezug wird im hochschuldidaktischen Diskurs gefordert [10] und ist sowohl für anwendungsorientierte Forschungsergebnisse als auch für die Ausbildung der Studierenden notwendig und kann beispielsweise durch die Einbeziehung externer Dozenten und enge Zusammenarbeit mit der Praxis sichergestellt werden.

Externe Dozenten und Lehrbeauftragte aus der Praxis sichern zum einen den in den Ingenieurwissenschaften besonders wichtigen Transfer der Theorie in die Praxis und zum anderen bringen sie die aktuellen Herausforderungen der Praxis in den Hörsaal. Dabei hat sich in vielen Fällen eine Mischung aus Veranstaltungen des Lehrstuhlpersonals und externer Lehrbeauftragter als vorteilhaft erwiesen. So können zum einen die erforderlichen theoretischen Grundlagen fundiert vermittelt und zum anderen konkrete Fallbeispiele in die Lehre einbezogen werden. Außerdem können Führungskräfte aus der Praxis den Studierenden zusätzlich Strategien zu Mitarbeiterführung, besondere Anforderungen an das Management vermitteln sowie einen Einblick in persönliche Erfahrungen bei der Lösung von Herausforderungen geben.

Ein weiterer Vorteil der Einbindung von Lehrbeauftragten in Lehrveranstaltungen ist die direkte Vernetzung der Lehrenden und Studierenden, die häufig zu einer Vermittlung von Einstiegspositionen der Studierenden in diesen Unternehmen führt.

### 3. Ausbildungsziele am Beispiel des Dortmunder Modells Bauwesen

Architekten und Bauingenieure arbeiten im Berufsleben häufig an gemeinsamen Projekten. In der gemeinsamen Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren in fünf Studiengängen an der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen der TU Dortmund (siehe Abbildung 2) wird versucht, die Anforderungen an eine aktuelle und umfassende Lehre mit den oben beschriebenen Anforderungen umzusetzen. Ziel dieser gemeinsamen Ausbildung ist unter anderem das gemeinsame Lernen in Grundlagenfächern und die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Studierenden in zwei praxisnahen Entwurfsprojekten. Durch die eigenständige Arbeitsweise in Gruppen werden die Selbst-, Sozial- und Methodenkompetenzen gestärkt.

Diese Zusammenarbeit wird in den Masterstudiengängen im Rahmen der Projektarbeit im Masterstudium auf drei Studienrichtungen ausgeweitet. Die Architekten

und konstruktiven Bauingenieure bearbeiten gemeinsam ein drittes, komplexeres Entwurfsprojekt, das in der Regel eine konkrete Fragestellung aus der Praxis beantworten soll.

Die Studierenden des Bauingenieur-Masterstudiums Bauprozessmanagement und Immobilienwirtschaft werden einbezogen, indem sie einerseits eine umfassende Angebotsbearbeitung durchführen und andererseits einen Investitionsantrag für das Projekt erarbeiten. Im Investitionsantrag werden die wirtschaftlichen Auswirkungen der Planung durch Aufstellung eines Wirtschaftlichkeitsmodells unter Berücksichtigung der Bau-, Finanzierungs- und Betriebskosten über den Lebenszyklus sowie der Erlösprognosen analysiert. Durch die gemeinsame Erarbeitung und Präsentation der Ergebnisse der drei Studienrichtungen werden das Verständnis für andere Fachdisziplinen und die Sozial- und Methodenkompetenz deutlich gestärkt. Damit ist die Projektarbeit im besonderen Maße geeignet die in Tabelle 1 dargestellten Kompetenzen der Studierenden zu verbessern.

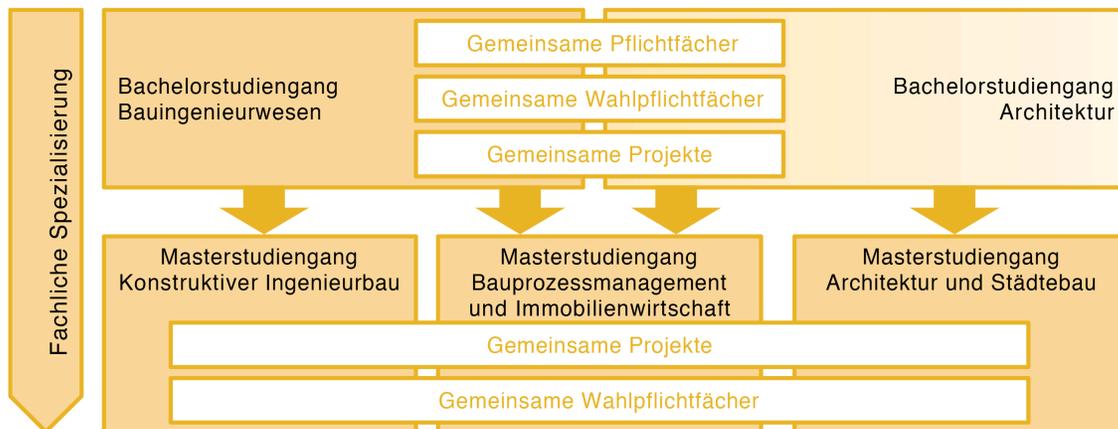


Abb. 2. Interdisziplinäre Ausbildung im Bauingenieurwesen an der TU Dortmund

## 4. Ausblick

Insgesamt wird deutlich, dass sich Interdisziplinarität und Spezialisierung in der universitären Ausbildung nicht ausschließen müssen, ebenso wie die Vermittlung von Fachwissen und die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen durch die Studierenden. Für die Zukunft wird die Herausforderung in der Lehrpraxis darin bestehen, den in jedem Bereich individuell zu bestimmenden „Shift from Teaching to Learning“ sowie einen ausgewogenen Kompetenz-Mix bei steigenden Studie-

rendenzahlen und knappen Budgets in den bauingenieurwissenschaftlichen Studiengängen voranzubringen. Als weiterführende Forschungsaufgabe ist die Evaluation von kompetenzorientierten Lehr- und Lernformaten im Bauingenieurwesen zu nennen. Dabei sollte unter anderem untersucht werden, inwiefern sich innovative Lehrformate auf die Kompetenzentwicklung der Studierenden auswirken. Weiterhin ist zu untersuchen, in welchem Maße und in welchen Fächern – unter Berücksichtigung der jeweiligen Inhalte – die unterschiedlichen Lehrformate eingesetzt werden könnten.

## Autorinnen und Autoren

**Univ.-Prof. Dr. Ing. Ivan Čadež** | Lehrstuhlinhaber // Lehrstuhl Immobilienwirtschaft und Bauorganisation // Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen, TU Dortmund // [ivan.cadez@tu-dortmund.de](mailto:ivan.cadez@tu-dortmund.de)

**Eva-Maria Heinendirk** | Wissenschaftlich Beschäftigte // Lehrstuhl Immobilienwirtschaft und Bauorganisation // Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen, TU Dortmund // [eva-maria.heinendirk@tu-dortmund.de](mailto:eva-maria.heinendirk@tu-dortmund.de)

**Sascha Hofmann** | Wissenschaftlich Beschäftigter // Lehrstuhl Immobilienwirtschaft und Bauorganisation // Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen, TU Dortmund // [sascha.hofmann@tu-dortmund.de](mailto:sascha.hofmann@tu-dortmund.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Lang-von Wins, Thomas, von Rosenstiel, Lutz, (2005), Kompetenzentwicklung in der Universität, in: Spoun, Sascha, Wunderlich, Werner (Hrsg.), Studienziel Persönlichkeit, Campus Verlag, Frankfurt.
- [2] Bauer, Hermann, (2007), Baubetrieb, Springer Verlag, Berlin.
- [3] Jungmann, Thorsten, Müller, Kristina und Schuster Katharina, (2011), Shift from Teaching to Learning, Journal Hochschuldidaktik, 21. Jahrgang, Nr. 2, September 2010, S. 6-8.
- [4] Bulow-Schramm, Margret (2007), Von Bergen nach London, in: Merkt, Marianne, Mayrberger, Kerstin (Hrsg.): Die Qualität akademischer Lehre, Studienverlag, Innsbruck, S. 157-170.

- [5] Wildt, Johannes (2003), The Shift from Teaching to Learning – Thesen zum Wandel der Lernkultur in modularisierten Studienstrukturen, in: Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Landtag NRW (Hrsg.): Unterwegs zu einem europäischen Bildungssystem, o. V., Düsseldorf.
- [6] Krausch, Georg: Aspekte guter Lehre, 2011, am 13.11.2012 entnommen von [http://www.uni-mainz.de/lehre/Dateien/JGU\\_aspekte\\_guter\\_lehre.pdf](http://www.uni-mainz.de/lehre/Dateien/JGU_aspekte_guter_lehre.pdf).
- [7] Art. 5 Abs. 3 Satz 1 Grundgesetz (GG).
- [8] Hochschulabsolvent(in)en aus MINT-Fächern in der Umbruchphase, HIS HF Institut für Hochschulforschung, am 13.11.2012 entnommen vom Verband Deutscher Ingenieure VDI, [http://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/bag\\_dateien/Beruf\\_und\\_Arbeitsmarkt/MonitorIng\\_2009\\_akt\\_12.10.12.pdf](http://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/bag_dateien/Beruf_und_Arbeitsmarkt/MonitorIng_2009_akt_12.10.12.pdf).
- [9] Redlich, Alexander, Rogmann, Jens J. (2007), Soziale Kompetenzen durch computer- und tutoriell gestütztes Lernen fördern, in: Merkt, Marianne, Mayrberger, Kerstin (Hrsg.): Die Qualität akademischer Lehre, Studienverlag, Innsbruck, S. 133-156.
- [10] Wildt, Johannes, (2007), Praxisbezug revisited – Zur Hochschuldidaktischen Rekonstruktion von Theorie-Praxis-Verhältnissen in Studium und Lehre, in: Merkt, Marianne, Mayrberger, Kerstin (Hrsg.): Die Qualität akademischer Lehre, Studienverlag, Innsbruck, S. 59-72.

---

# **Das Magdeburger Lehrkonzept**

## **Professionspraktische Studien des Bachelorstudiengangs „Berufsbildung – Profil Ökonomische und Technische Bildung“**

### **Einleitung**

Hochschulen stehen vor neuen Herausforderungen. Durch den Bologna-Prozess und durch neu definierte Hochschulzugänge werden Veränderungen in Studium und Lehre begünstigt, die die Entwicklung neuer Lehr- und Lernarrangements erfordern [1]. Das von uns entwickelte Lehrkonzept entstand aus der aktuell beobachteten Zunahme der Heterogenität der Studierenden eines technikorientierten Studienganges mit hohen ingenieurwissenschaftlichen Lehranteilen und den damit verbundenen neuen Anforderungen in der Lehre. Neben der Etablierung von Formen der Anrechnung bereits erworbener fachlicher und überfachlicher Kompetenzen einzelner Studierender, sahen wir vor allem Potenziale darin, das unterschiedlich vorhandene fachliche Wissen und die individuellen Kompetenzen der Studierenden in der Gestaltung von Lehre aktiv zu nutzen. Wir entwickelten ein interdisziplinäres Konzept, welches an den Bedarfen der Studierenden in der Lehre ausgerichtet und im Sommersemester 2012 durchgeführt wurde. Dieses Lehrkonzept zum Modul „Professionspraktische Studien des Bachelorstudiengangs: Berufsbildung – Profil Ökonomische und Technische Bildung“ wurde am 13.12.2012 im Rahmen der Preisverleihung »Fokus: Lehre« der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg als innovatives und kompetenzorientiertes Lehrkonzept ausgezeichnet und soll an dieser Stelle näher diskutiert werden.

### **1. Das Lehrkonzept „Professionspraktische Studien“**

#### **1.1 Rahmenbedingungen**

Das Modul „Professionspraktische Studien“ ist Bestandteil des Bachelorstudiengangs „Berufsbildung – Profil Ökonomische und Technische Bildung“, welcher an der Otto-von-Guericke-Universität in das Bachelor-Masterprogramm für Lehramtsstudiengänge der Fakultät für Humanwissenschaften integriert ist. Das Modul ist mit 10 Credit-Points fest im bildungswissenschaftlichen Modulkomplex verankert. Schon hier ist die enge Verzahnung von Technikwissenschaften und Bildungswissenschaften innerhalb der Lehrerbildung in Magdeburg erkennbar. Innerhalb des Moduls „Professionspraktische Studien“ müssen die Studierenden ein Vorbereitungsseminar, im Anschluss ein vierwöchiges Schulpraktikum sowie ein Betriebspraktikum oder ein Praktikum in einer Bildungseinrichtung absolvieren.

Die Studierenden im Bachelorstudiengang wählen bereits vor Beginn des Studiums zwischen dem Fach Technik und Wirtschaft als Erstfach und einem weiteren Fach wie zum Beispiel Deutsch, Englisch, Ethik, Mathematik, Sozialkunde (Sozialkunde kann nur mit dem Fach Technik studiert werden) und Sport. Nach dem sechssemestrigen Studium erwerben die Studierenden

ihren ersten akademischen Abschluss (B.Sc.) im Bereich der Berufsbildung.

Erst mit dem darauf aufbauenden Masterstudiengang nehmen sie weiterführend eine gezielte Lehramtslaufbahn für den Beruf Lehrer/in an Sekundarschulen oder Lehrer/in an Gymnasien auf [2]. Mit Fokus auf die ingenieurwissenschaftliche Ausbildung wenden wir uns nun dem Fach Technik dezidierter zu.

Die Ausbildung im Fach Technik ist durch ein deutliches ingenieurwissenschaftliches Profil geprägt, welches die Studierenden in der Wahl der Pflicht- und Wahlpflichtfächer selbstverantwortlich als ihr individuelles Profil festlegen. Diese Lehrveranstaltungen werden fakultätsübergreifend angeboten. Beispielsweise gehören Fertigungslehre, Informatik, Konstruktionselemente, Physik, Bautechnik und Energiesysteme zu den Pflichtmodulen des Studienganges. Im Wahlpflichtbereich werden diese Module entweder vertieft bzw. durch Module, wie bspw. Informationstechnik, ergänzt. Diese ingenieurwissenschaftlich-theoretischen Studienanteile werden entsprechend der Lehramtsausbildung bereits ab dem zweiten Semester mit praxisnahen Studienanteilen verknüpft. In dem Modul „Professionspraktischen Studien“ steht hierbei das pädagogische Prinzip des Übergangs des Lernenden zum Lehrenden im Mittelpunkt der Ausbildung. Der Lehrstuhl Technische Bildung und ihre Didaktik, in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl Allgemeine Pädagogik, sehen die Herausforderung darin, das erworbene ingenieurwissenschaftliche Wissen im Vorbereitungsseminar der „Professionspraktischen Studien“ mit der Pädagogik zu verknüpfen. Diese Verknüpfung soll auf die anschließenden vierwöchigen Praktika (z.B. in Betrieben, Bildungseinrichtungen und Schulen) übertragen und dort gezielt angewendet werden. Die „Professionspraktischen Studien“ dienen zum

einen der Vorbereitung der Praktika in Theorie und Praxis und beziehen zum anderen auch die Heterogenität und die Erfahrungen der Studierenden konzeptionell mit ein.

## 1.2 Beschreibung des Lehrkonzeptes

Hochschullehre unterliegt fortschreitender Veränderung. Neue Zugänge zum Studium, Chancengleichheit und Integration heterogener Studierenden rücken in den Fokus der Lehre. Neue Formate, Methoden und Verfahren zur Anerkennung bereits erworbener Kompetenzen werden benötigt.

Die Heterogenität der Studierenden wird im Modul „Professionspraktischen Studien“ vor allem dadurch sichtbar, dass verschiedene Alters- und Erfahrungsgruppen in der Lehre deutlich zu unterscheiden sind. Es handelt sich hierbei zum einen um Lehramtsstudierende, die direkt nach dem Abitur studieren. Zum anderen nimmt die Anzahl älterer Studierender stetig zu, die sich nach einer Berufsausbildung und einer vormals einschlägigen Berufstätigkeit für ein Studium entscheiden.

Die bereits erworbene Berufspraxis wird im Rahmen der „Professionspraktischen Studien“ für die Praktika anerkannt. Dazu muss von den betreffenden Studierenden ein Nachweis der ehemaligen Arbeitsstelle vorgelegt werden. Die Möglichkeit der Anerkennung begründen wir mit der bereits erworbenen Praxiserfahrung: eine z.B. mehrjährige gewerblich-technische Ausbildung übertrifft den möglichen Erkenntniszuwachs eines vierwöchigen Praktikums bei Weitem. Somit wird die Durchführung eines erneuten Betriebspraktikums obsolet. Um das Modul abschließen zu können, muss lediglich ein *Portfolio* angefertigt werden, in dem die

vorherige Berufspraxis mit Fragestellungen des Studiums reflexiv verknüpft werden. Portfolios zielen auf das Sichtbarmachen der professionellen Kompetenzentwicklung, welche die Studierenden selbstgesteuert und eigenverantwortlich in einem reflexiven Lernprozess erkennen bzw. erhöhen. Dies bietet den Lernenden sowie den Lehrenden gleichermaßen den Vorteil, „die Lernprodukte und den Lernprozess gemeinsam in den Blick zu nehmen und zu beurteilen“ [3]. Die Portfolios werden nach bestimmten Standards angefertigt und sind im Hinblick auf eine Langzeitdokumentation nachhaltig ausgerichtet [4]. In den „Standards für die Lehrerbildung“ der Kultusministerkonferenz (KMK) von 2004 ist dies weiterführend klar definiert [5].

Unser Lehrkonzept ist demnach eine direkte Reaktion auf die Erkenntnis, dass unterschiedliche Lehrmethoden (z.B. die Nutzung des Portfolios), aber auch individuelle Anrechnungsverfahren zukünftig wichtiger werden, um der Heterogenität der Studierenden in der Lehre verantwortungsvoll zu begegnen. Zahlreiche Initiativen und Wettbewerbe (u.a. vom Stifterverband für die deutsche Wissenschaft und der KMK) zur Steigerung der Exzellenz in der Lehre unterstreichen diese Notwendigkeit [6].

Das Lehrkonzept ist darüber hinaus im Theorie-Praxis-Transfer studierenden- und outputorientiert angelegt. Wir sehen uns in der universitären Lehre als Vermittelnde zwischen Theorie und Praxis und greifen praxisrelevante Inhalte im Hinblick auf die zukünftigen Berufsbilder unserer Studierenden auf. Dies wird anhand folgender konzeptioneller Umsetzung unserer Lehre hinsichtlich der Fokussierung auf

- die Lernenden als Mentor/inn/en,

- eine Plattform des Austauschs zwischen universitärer Lehre und Anforderungen aus der Wirtschaft und
- das professionelle Handeln in der Berufsrolle deutlich.

## **Die Lernenden als Mentor/inn/en**

Unser Konzept setzt an den unterschiedlichen (beruflichen) Erfahrungszusammenhängen der Studierenden an und artikuliert somit gleichzeitig Fragestellungen von Studium (Theorie) und Beruf (Praxis). Ältere, praxiserfahrene Studierende übernehmen im Vorbereitungsseminar eine aktive Verantwortlichkeit für die Jüngeren. Sie berichten aus ihrer ehemaligen Berufspraxis, manchmal auch über ihre Erfahrungen der Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Das Innovative an dem Konzept besteht darin, die unterschiedlichen Erfahrungen der älteren Studierenden „von Studierende für Studierende“ in die Lehre bewusst mit einfließen zu lassen. Somit werden ältere Studierende gleichzeitig zu Mentor/inn/en für die jüngeren Studierenden.

## **Plattform des Austausches zwischen universitärer Lehre und Anforderungen aus der Wirtschaft**

Neben dieser Praxis- und Studierendenorientierung in der Lehre, in der Doppelfunktion der Lernenden als Mentor/inn/en, sind die Inhalte der „Professionspraktischen Studien“, besonders bezogen auf das Betriebspraktikum oder einem Praktikum in einer Bildungseinrichtung, praxisnah angelehnt. Vertreter/innen aus Schulen und regionale Kooperationspartner/innen (wie z.B. das Technikmuseum Magdeburg oder das Bildungswerk der Wirtschaft Sachsen-Anhalt) werden eingeladen und berichten aus ihren Erfahrungen in der beruflichen Praxis. Diese Expert/inn/en erläutern

den Studierenden denkbare Praktikums- sowie spätere Anstellungsmöglichkeiten und informieren zugleich über Aufgaben und Anforderungen externer Kooperationspartner/innen bezüglich ihrer konkreten Bedarfe an sie als zukünftige Lehr-, Fach- und Führungskräfte. Die Studierenden erhalten somit nicht nur wertvolle Informationen über ihr zukünftiges Berufsbild in der „Berufsbildung“, sondern auch über weitere Beschäftigungsfelder ingenieurwissenschaftlich-pädagogisch angelehnter Berufsbilder. Zugleich ist die Präsentation der Schul- und Wirtschaftspartner/innen für sie selbst eine gute Möglichkeit, unsere Studierenden als neue Praktikant/inn/en oder potenzielle Absolvent/inn/en kennenzulernen. In Gesprächsrunden können die Studierenden erste Kontakte knüpfen, Hemmnisse abbauen und den Partner/inne/n eigene Ideen, wie beispielsweise Lehrversuche, erklären.

Die „Professionspraktischen Studien“ stellen somit eine **Plattform des Austauschs** dar, auf welcher universitäre Lehre und Unternehmen der Wirtschaft erfolgreich kooperieren. Die Lehre in den „Professionspraktischen Studien“ wird als Tandem-Lehre umgesetzt, in der Theoretiker/innen und Praktiker/innen zwischen Theorie und Praxis vermitteln.

### **Professionelles Handeln in der Berufsrolle**

Neue praxisnahe Herausforderungen an Schule und Beruf werden inhaltlich in der Lehre mit neuen Themen verknüpft, die kulturelle, soziale oder integrative **Vielfalt und Heterogenität** als eigenen Block thematisieren. Die Studierenden werden im Seminar sensibilisiert, eigene Handlungskonzepte zu entwerfen und in ihre Unterrichtsentwürfe oder Beobachtungsprotokolle mit einfließen zu lassen. Die Studierenden schärfen damit ihren Blick auf Lernende. In Portfolios halten sie

ihre Beobachtungen (zum Beispiel in Fallanalysen) fest, analysieren diese in Verbindung zum theoretisch erworbenen Wissen und reflektieren die erlebten Praxiserfahrungen. Gerade durch die Erweiterung des Blickwinkels von einem bloßen Wissensvermittelnden auf kulturelle, soziale und zwischenmenschliche Betrachtungsebenen, können die Studierenden die Berufsrolle neu erleben und reflektieren. Sie erhalten somit ein für ihr **eigenes professionelles Handeln in ihrer zukünftigen Berufsrolle** nachhaltiges und im Portfolio dokumentiertes Wissen, welches über Jahre sukzessiv erweitert und präzisiert werden kann.

### **1.3 Zielsetzung der „Professionspraktischen Studien“**

Die interdisziplinäre Entwicklung der Studierenden zu selbstständigen und verantwortungsvoll handelnden Individuen als Lernende und Lehrende ist ein Ziel und gleichzeitig konzeptioneller Bestandteil der „Professionspraktischen Studien“. Durch die Schaffung eines interaktiven Lernraumes, in dem Kommunikation und Wissenstransfer im Mittelpunkt stehen, werden anhand abstrakter und interdisziplinärer Aufgaben das eigene kritisch-reflexive Denken sowie die Auseinandersetzung mit sich selbst, der eigenen Berufsrolle in einem ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsfeld und den eigenen Stärken und Schwächen gefördert.

Gerade die Ingenieurwissenschaften sind in der Arbeitswelt geprägt von Teamarbeit und interdisziplinären Gruppen mit weltweiter Vernetzung. Die Studierenden sollen sich daher im Rahmen der Praktika mit den institutionellen und vielfältig sozialen Bedingungen beruflichen Handelns in zwei für den Bachelorabschluss relevanten Praxisfeldern bekannt machen. Sie sollen

sich mit ihrer Berufsrolle als Lehrende und Vermittelnde zwischen Bildungseinrichtung und Arbeitswelt identifizieren. Die Studierenden verschaffen sich durch die „Professionspraktischen Studien“ Klarheit über ihre eigene Berufswahl, können ihre eigenen Erwartungen an ihre Berufsrolle formulieren und ihre eigene persönliche Eignung reflektieren. Die Studierenden lernen beispielhaft die **Verschiedenartigkeit** der unterschiedlichen Lern- und Arbeitsorte praxisnah kennen.

## 1.4 Inhaltliche Ausgestaltung und Lernfortschritt

Im Vorbereitungsseminar werden innerhalb von sechs Blockveranstaltungen verschiedene inhaltliche Schwerpunkte gesetzt, mit welchen auf die bevorstehenden Praktika vorbereitet werden soll. Es werden vier Meilensteine (Abbildung 1) hinsichtlich der Kompetenzentwicklung und des Erfahrungsaustausches der Studierenden deutlich.

### Meilensteine in den „Professionspraktischen Studien“

Nach dem Vorbereitungsseminar können die Studierenden ihre Praktika absolvieren. Zum Abschluss eines jeden Praktikums wird ein begleitendes **Portfolio** erarbeitet. Mit Hilfe des Portfolios werden erlebte Erfahrungen zu den erworbenen Kompetenzen innerhalb und außerhalb der Berufsrolle des Lehrers bzw. der Lehrerin dokumentiert. Die Portfolioarbeit ermöglicht somit eine Darstellung der **individuellen Lernfortschritte**

### Meilensteine in den

### „Professionspraktischen Studien“

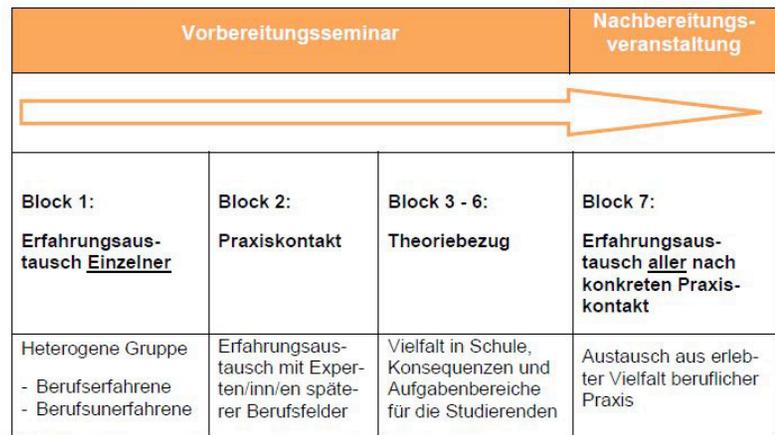


Abbildung 1: Meilensteine in den „Professionspraktischen Studien“  
(Quelle: Entwurf des Lehrkonzepts als eigene Darstellung)

und dient der Professionalisierung des eigenen pädagogischen Handelns.

Das Portfolio fördert daher die bewusste und selbstgesteuerte Auswahl, Gestaltung, Bearbeitung und Beurteilung von Themen zur eigenen Kompetenzentwicklung. Die Studierenden beschreiben selbst ihre persönliche Entwicklung entsprechend ihrer individuellen Ausgangsvoraussetzungen und reflektieren diese stetig. Die Erarbeitung der individuellen Portfolios ist somit eine Zusammenstellung **individueller und anforderungsorientierten Lernerfahrungen** eines oder einer jeden Studierenden.

Im Block 7 (nach den Praktika) werden die individuellen Praxiserfahrungen als Präsentationen in der gesamten Studiengruppe abschließend diskutiert und ausgewertet; als Basis dient hier wiederum das Portfolio.

## 2. Nachhaltigkeit und Transfermöglichkeiten

Die Inhalte der „Professionspraktischen Studien“ sind im bildungswissenschaftlichen Profil des Studiengangs curricular verankert und im Rahmen der Akkreditierung des Bachelorstudiengangs anerkannt. Studieninhalte, wie z.B. die Verankerung der Themen Heterogenität und Vielfalt in das Lehrkonzept, wurden durch die Gutachter/innen im Rahmen der Akkreditierung selbst als „Magdeburger Modell“ titulierte und für fortschrittlich in der Lehrerbildung befunden.

Das Konzept ist auf andere Lehramtsstudiengänge bzw. auch auf sozial- und bildungswissenschaftliche Studiengänge (unter Anpassung) übertragbar und sollte auch im Rahmen des Transfers in die Lehrerweiterbildung eine große Rolle spielen. Gerade die Er- und Vermittlung neuer praxisrelevanter Themen in der Lehrerbildung (z.B. Heterogenität in der Schule), kann hier in Zusammenarbeit mit Schulen und externen Einrichtungen initiiert und ausgebaut werden. Letztlich können auch Seminare für Dozent/inn/en in der Universität, darauf aufbauend, konzipiert werden, um in der Lehre Aspekte von Heterogenität und Vielfalt kenntnisreich einzubeziehen. Neben kulturellen und sozialen Aspekten von Heterogenität, liegt unser Schwerpunkt in der Gestaltung von Lehre auf gesellschaftliche Teilhabe und fokussiert auf Menschen mit Behinderungen, die an unserer Universität studieren. Hier integrieren wir Erkenntnisse und Erfahrungen - aus der Praxis für die Praxis - die in der Lehre wieder umgesetzt werden.

Auch die Lehrenden erleben innerhalb der „Professionspraktischen Studien“ einen Rollenwechsel von einem Wissensvermittelnden hin zu einem Lernberater oder einer Lehrberatung. Unsere Aufgabe bestand in

aller erster Hinsicht darin, eine attraktive Lernumgebung zu schaffen, die Theorie und Praxis vereint und einen realitätsnahen Blick in die zukünftige Berufswelt unserer Studierenden zu geben, in welcher sie sich aus eigenem Interesse (auch langfristig) engagieren und mit teils neuen Themenfeldern in Kombination mit den Ingenieurwissenschaften auseinandersetzen.

## 3. Zusammenfassung

Die „Professionspraktischen Studien“ beinhalten ein Lehrkonzept, welches sich den veränderten Bedarfen der Studierenden in der Lehre anpasst. Dieses Lehrkonzept auch zukünftig noch weiter zu entwickeln, ist eine große Herausforderung. Dabei wirkt sich der Transfer zwischen den ingenieurwissenschaftlichen und bildungswissenschaftlichen Anteilen des Studiums in einer konkreten Anwendungsorientierung fachlich erworbenen Wissens nicht nur sozial, sondern auch personal förderlich auf die Kompetenzentwicklung der Studierenden aus. Sie lernen in den Ingenieurwissenschaften, lernen dieses Wissen zu kommunizieren und lehren dies letztlich selbst. Das setzt eine hohe Methoden- wie auch Selbstkompetenz der Studierenden voraus, welche in den „Professionspraktischen Studien“ gelehrt und in den darauf folgenden Praktika von ihnen reflexiv erprobt und umgesetzt werden.

## Autorinnen und Autoren

**PD Dr. phil. habil. Kerstin Dietzel** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Lehrstuhl Allgemeine Pädagogik // Fakultät für Humanwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg // [kerstin.dietzel@ovgu.de](mailto:kerstin.dietzel@ovgu.de)

**Astrid Ilgenstein** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Lehrstuhl Technische Bildung und ihre Didaktik // Fakultät für Humanwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg // [astrid.ilgenstein@ovgu.de](mailto:astrid.ilgenstein@ovgu.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Hochschulrektorenkonferenz (HRK) (Hg.): Chancen erkennen – Vielfalt gestalten. Konzepte und gute Praxis für Diversität und Durchlässigkeit. Bonn, 2012.
- [2] Studiengangsinformationen verfügbar unter: <http://www.ovgu.de/Studium/Studieninteressenten/Studienangebot/Lehramt/Lehramt+an+Sekundarschulen+und+Gymnasien+%28Bachelor%29-p-17648.html>.
- [3] Häcker, Thomas: Vielfalt der Portfoliobegriffe. In: Brunner, Ilse; Häcker, Thomas & Winter, Felix (Hrsg.): Das Handbuch Portfolioarbeit. Seelze-Velbe: Kallmeyer, 33-39, 2006.
- [4] Winter, Felix: Portfolioarbeit in der Lehrerbildung. Beiträge zur Lehrerbildung, 23(3), 334-338, 2005. Verfügbar unter: [http://www.bzl-online.ch/archivdownload/artikel/BZL\\_2005\\_3\\_334-338.pdf](http://www.bzl-online.ch/archivdownload/artikel/BZL_2005_3_334-338.pdf) [Stand: 09.04.2013].
- [5] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Verfügbar unter: [http://www.kmk.org/doc/beschl/standards\\_lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/doc/beschl/standards_lehrerbildung.pdf) [Stand: 09.04.2013].
- [6] Krull, W. & Lorentz, B. & Schlüter, A. (Hrsg.): Lehre neu denken. Die Zukunft des akademischen Lehrens und Lernens. Stifterverband für die deutsche Wissenschaft u.a., 2010.

---

# „Ran ans Werk!“

## Erfolgreiche Umsetzung eines Inverted-Classroom-Konzeptes im Grundlagenmodul Werkstofftechnik für studierendenzentriertes und kompetenzorientiertes Lernen im Maschinenbau

### Einleitung

In den ingenieurwissenschaftlichen Kernfächern stellen die hohen Teilnehmendenzahlen der Module des ersten Semesters besondere Herausforderungen für Lehrende wie auch für Studierende dar. Das klassische Lehrformat von Vorlesung, Übung, Praktikum bietet wenig Möglichkeiten zu einer individuellen Lerngeschwindigkeit und Lernweise sowie einer intensiven Beratung und Betreuung der Studierenden.

Ausgehend von dem Lehrexzellenzprojekt „Educational Diversity“ bot die Curriculum Werkstatt der Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme der Fachhochschule Köln die Möglichkeit und Notwendigkeit zum Einsatz neuer Lehr- und Prüfungsformen für studierendenzentriertes und kompetenzorientiertes Lernen. In diesem Artikel wird die erfolgreiche Umsetzung eines Inverted-Classroom-Konzeptes im Grundlagenmodul Werkstofftechnik des Studiengangs Maschinenbau der Fachhochschule Köln beschrieben.

### 1. Rahmenbedingungen für Qualität in der Lehre: Projekt ProfiL<sup>2</sup>

Als eine der geförderten Hochschulen des Qualitätspaktes Lehre setzt die Fachhochschule Köln das Projekt ProfiL<sup>2</sup> - Projekte für inspirierendes Lehren und Lernen um.

Im Fokus des Projektes ProfiL<sup>2</sup> stehen die curriculare Ausgestaltung der BA-Studiengänge und der Einsatz aktivierender und kollaborativer Lehr- und Lernarrangements. Es setzt die Konzepte des Lehrexzellenzprojektes „Educational Diversity“, welches den Umgang mit der Heterogenität der Studierenden als Kernpunkt beinhaltet, fort.

ProfiL<sup>2</sup> umfasst im Wesentlichen drei Handlungsfelder (vgl. [1]):

- Studiengangplanung
- Kompetenzorientierung und
- Beratung und Betreuung von Studierenden

Alle Fakultäten der Fachhochschule Köln sind aufgefordert dem Ziel des Projektes entsprechende Lehr- und

Lernkonzepte zu entwickeln und erhalten bei guten Konzepten personelle und finanzielle Unterstützung zur Umsetzung.

Die nachfolgend beschriebene Umgestaltung einer Lehrveranstaltung der Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme am Institut für Werkstoffanwendung orientiert sich an den o.g. drei Handlungsfeldern.

## 2. Curriculum-Werkstatt der Fakultät

Ausgelöst durch die Impulse des Projektes Profil<sup>2</sup> und anlässlich der Chance einer Reakkreditierung initiierte die Fakultätsleitung einen Prozess mit dem Ziel der Entwicklung eines studierendenzentrierten und kompetenzorientierten Curriculums mit projektbasierten Anteilen. In Orientierung an den Interessengruppen wurde durch die Studiengangs- und Institutsleiter auf der Basis einer Analyse der Stärken, Schwächen, Risiken und Chancen (SWOT) und unter Berücksichtigung relevanter Benchmarks ein studienrichtungsspezifisches Absolventenprofil formuliert, das den Leitfaden für den weiteren Verlauf abbildete. Durch die Hinzunahme externer hochschuldidaktischer Berater und unter Berücksichtigung fachdidaktischer Aspekte entwickelte ein um interessierte Lehrende erweitertes Team das Curriculum. Aus hochschuldidaktischer Perspektive fand hier das Modell “Constructive Alignment” nach Biggs und Tang (vgl. [2]), das einen engen Zusammenhang zwischen den Lehr- und Lernaktivitäten, den Prüfungen und den Learning Outcomes herstellt, seine Anwendung. Das entwickelte Curriculum weist nun miteinander vernetzte Module auf, deren Lernziele im Vordergrund stehen und mit entsprechenden Lehrformaten unterstützt werden, die in unterschiedlichen Phasen des Studienverlaufs durch hochschuldidaktisch

qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ein entsprechend ausgebildetes Team von Tutorinnen und Tutoren begleitet werden. Die Nutzung aktueller Lehr- und Lernplattformen spielt hier auch im Sinne der Unterstützung der Mobilität und Flexibilität der Studierenden eine bedeutende Rolle.

## 3. Umsetzung der Profil<sup>2</sup>-Handlungsfelder am Beispiel des Moduls “Werkstofftechnik”

Auf Basis der oben beschriebenen Vorgehensweise stand nach einer Bearbeitung der studienrichtungsspezifischen Module die Betrachtung der ingenieurwissenschaftlichen Kernfächer im Fokus des Prozesses. Hier bestimmte die klare Anforderung der Anwendungsorientierung als Vorgabe den Diskussionsprozess und stellte angesichts der hohen Teilnehmendenzahlen von 150 bis über 500 Studierende der Module des ersten Semesters besondere Herausforderungen für die Lehrenden dar, für die im folgenden Fallbeispiel exemplarische Lösungsmöglichkeiten entwickelt und angewandt werden.

Bei dem Fach “Werkstofftechnik” handelt es sich um eines der typischen Grundlagen-Module, das in allen Maschinenbaustudiengängen im Curriculum verankert ist. Auch an der FH Köln wurde es über viele Jahre in dem klassischen Lehrformat Vorlesung, Übung, Praktikum angeboten. Besonders aus dem Blickwinkel der Educational Diversity bot dieses Format jedoch wenig Möglichkeiten zu einer individuellen Lerngeschwindigkeit und Lernweise sowie einer intensiven Beratung und Betreuung der Studierenden. Vorlesungen mit bis zu 350 Studierenden und Übungsgruppen mit bis zu 50 Studierenden stellten eine große Hürde für eine Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden dar. In Übungs- und Praktika-Terminen wurde darüber hinaus festge-

stellt, dass Lehrveranstaltungen zwar besucht, aber das Wissen nicht ausreichend vermittelt und verinnerlicht wurde. So ergaben sich neben den neu überdachten Learning Outcomes des Moduls “Werkstofftechnik” mit dem in Kapitel 2 beschriebenen Fokus auf ein studierenden- und kompetenzorientiertes Curriculum auch die Fragen nach neuen Lehr- und Prüfungsformaten, die aktivierende und kollaborative Lehr- und Lernarrangements ermöglichen.

Man entschied sich für das Inverted-Classroom-Prinzip mit umfangreicher E-Learning-Unterstützung und gleichzeitiger Anhebung des praktischen Anteils in den Laboren.

„Die Lernenden bereiten sich erst mit Online-Material, z.B. Vorlesungsaufzeichnungen, Podcasts oder Wikis, auf ein Thema vor. Der Präsenztermin wird für die Lösung von Aufgaben oder anderen dialogischen Lernmethoden genutzt. Dabei steht der Dozent oder Tutor unterstützend zur Seite, offene Fragen, die das vorbereitende Material nicht beantworten konnte, können in Präsenz beantwortet werden. An der Beantwortung können sich zudem auch die Lerner selber beteiligen.“ (siehe [3]).

Dies dient dem Ziel, die Motivation der Studierenden zu erhöhen und Gelerntes an praktischen Aufgabenstellungen in kleinen Gruppen diskutieren und anwenden zu können (vgl. [3]).

Daneben sollte die Motivation zum Selbststudium durch zeitnahe Prüfung der Lerninhalte erreicht werden, so dass bereits 60% der Punkte im Verlauf des Semesters von den Studierenden “gesammelt” werden können.

Im Folgenden werden sowohl das E-Learning- wie auch das Prüfungskonzept dieses Moduls näher erläutert.

## 4. Medienunterstützung in den Selbstlernphasen

Um der Heterogenität der Studierenden in Bezug auf Lernarten besser gerecht zu werden, wurde ein Teil des Erwerbs von Grundlagenwissen entsprechend dem Inverted-Classroom-Prinzip in Selbstlernphasen verlagert (siehe [4] und [5]). Den Studierenden wurden verschiedene Medien angeboten, um ein Lernen im eigenen Lerntempo zu ermöglichen. Es wurden einerseits mehrere ca. 30-minütige Screencasts zu den Inhalten der früheren Vorlesung eingesetzt sowie einige Videos zum Arbeiten im Labor für Werkstofftechnik<sup>1</sup>. Zusätzlich erhielten die Studierenden ein Skript zur Vorbereitung für eigene Notizen, denn da die Lernvideos viele Abbildungen und Diagramme enthalten, haben die Studierenden diese im Skript vor sich und können sich dort Anmerkungen oder auch Fragen notieren. Die Lernmedien wie auch Links zu verwendeten Normen oder anderen hilfreichen Unterlagen wurden über die zentrale Lernplattform ILIAS der Fachhochschule Köln in einem Kurs zur Verfügung gestellt.

Selbstlernphasen mit E-Medien ohne Begleitung durch Lehrende und/oder Tutorien stellen für Lernende, die erstmalig selbstorganisiert lernen sollen, eine hohe Anforderung an die Selbstlernkompetenz. Die Abbruchquote bei reinen Online-Lernangeboten, bei denen Lernende isoliert von anderen nur mit einem Lernmedium

---

<sup>1</sup> Alle Screencasts wurden mit Hilfe der Software Camtasia vom Dozenten selbst erstellt, während die Videos zu den Laborpraktika während einer gemeinsamen Projektwoche mit der internationalen Filmschule Köln entstanden sind.

lernen, erreicht teilweise über 50% (vgl. [6]). Die Einbindung in eine soziale Gruppe unter Betreuung einer Lehrperson steigert die Motivation und Bindung der Lernenden. Die Lernenden fühlen sich nicht alleingelassen bei der Interaktion mit dem Computer (vgl. [7]). Diesen Erkenntnissen entsprechend wurden Begleitmaßnahmen für die Selbstlernphasen konzipiert. Einerseits konnten die Studierenden Rat bei Tutoren und Tutorinnen vor Ort in der Hochschule einholen (hier wurde eine tägliche Verfügbarkeit durch den Einsatz von 4 Fachtutoren bzw. -tutorinnen mit insgesamt 30 Std./Woche gewährleistet), andererseits wurde der Kurs in der Lernplattform um Foren für Fragen zu den Selbstlerneinheiten ergänzt. Zu Beginn der Lehrveranstaltung wurden die Studierenden über den Zweck und die Verwendung der Foren informiert, wobei diese durch Lehrpersonen aktiv moderiert und betreut wurden. Die Studierenden beantworteten sich gegenseitig Fragen, so dass die Foren der einzelnen Lehr-Lerneinheiten dabei bis zu 2500 Besuche von insgesamt 152 Studierenden erreichten. 33 Studierende verfassten aktiv Beiträge. Durch die Einbindung in ein ganzes Lehr-Lernszenario mit konkreten Aufgaben und Betreuung durch Tutoren und Tutorinnen und dem Lehrenden durchbrach diese recht hohe aktive Nutzung die sonst oft vorfindbare rein passive Nutzung von interaktiven webbasierten Medien (vgl. [8]).

## **5. Zusammengesetzte Prüfungsteilleistungen zwischen und nach den Selbstlernphasen**

Abbildung 1 zeigt das Ablaufschema mit den konkreten Lehr-Lerninhalten.

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, hat jeder und jede Studierende sechs Pflichttermine am Institut für Werkstoffanwendung (IWA) in einer Praktikumsgruppe von

maximal 12 Studierenden. Zu den Terminen sind die für die jeweilige Lehr-Lerneinheit relevanten Inhalte sowie die für das Praktikum notwendigen fachlichen Grundlagen eigenständig mittels der auf der Lernplattform ILIAS (vgl. [9]) in einem nach außen geschützten Bereich zur Verfügung gestellten Unterlagen und den angegebenen Literaturstellen zu erarbeiten. Vor jedem Praktikumstermin findet eine 15-minütige schriftliche Prüfung zu den vorzubereitenden Themen statt. Diese Prüfungen umfassen jeweils 3 Fragen, je eine zu den beiden Grundlagenkapiteln und eine zu dem anstehenden Versuch. Um den Studierenden vor allem bei der inhaltlichen Vorbereitung auf die PraktikaHilfestellung zu leisten, wird ihnen zu jedem der 6 Praktika ein Fragenkatalog von 15 Fragen gegeben, mit dem sie sich gezielter vorbereiten können. Die Prüfungsfrage zum Praktikum entstammt diesem Fragenkatalog. Bei jeder der 6 Prüfungen können somit maximal 6 Punkte erzielt werden, wobei nach jedem Praktikumstermin innerhalb von 14 Tagen ein Praktikumsbericht zu erstellen ist, der mit maximal 4 Punkten bewertet wird. Entsprechend können durch die 6 Kurzprüfungen und die 6 Protokolle maximal 60 Punkte erzielt werden.

Über die letzte Lehr-Lerneinheit, welche vier Grundlagenkapitel, aber kein Praktikum umfasst, findet am Ende des Semesters eine einstündige Klausur statt, bei der maximal 40 Punkte erreicht werden können. Die Note für das Fach errechnet sich aus den maximal 100 Gesamtpunkten aus Kurzprüfungen, Praktikumsberichten und Klausur.

Bei Rückgabe der Protokolle erfahren die Studierenden nicht nur die von ihnen erreichte Punktzahl für das Protokoll, sondern auch des jeweiligen Testes, so dass sie bereits im Verlauf des Semesters ein Feedback über die von ihnen erbrachte Leistung erhalten.

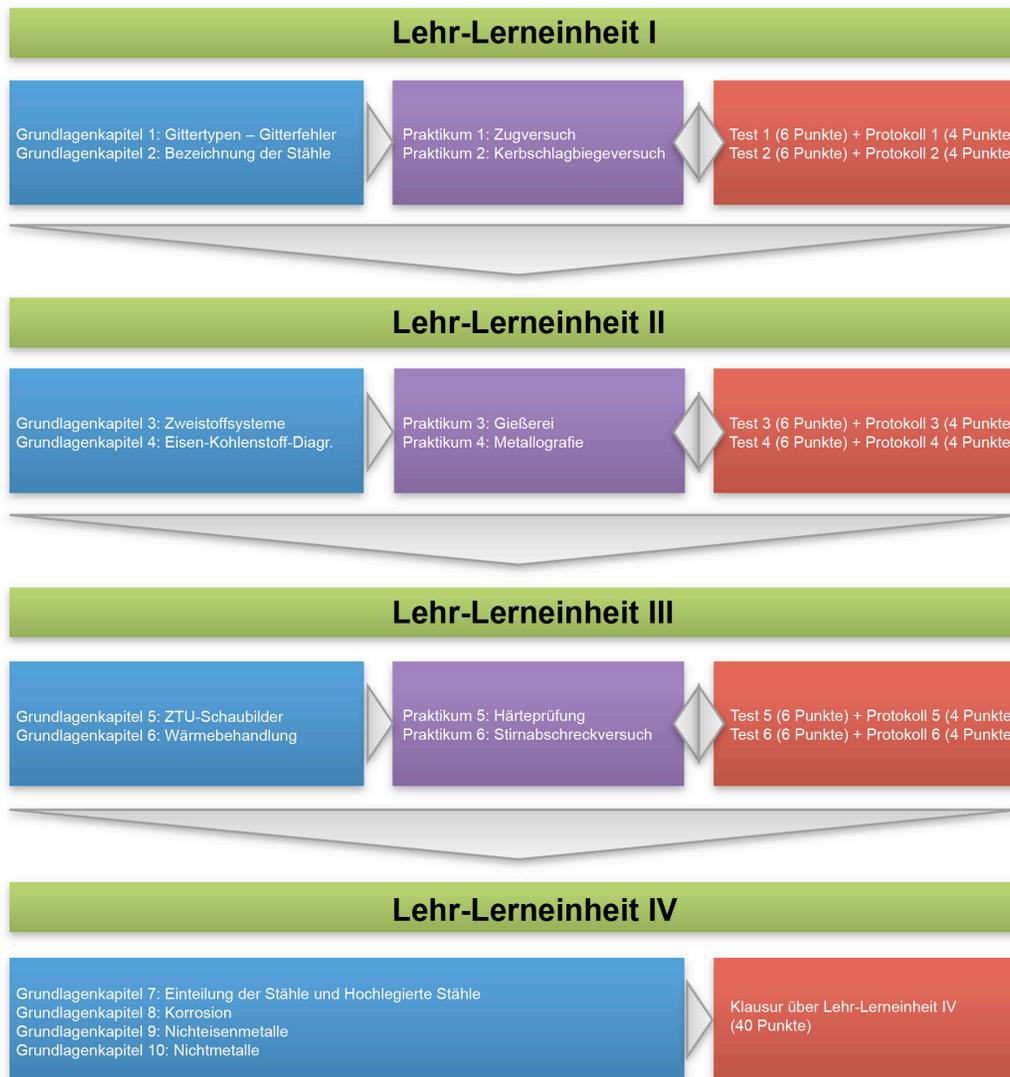


Abb. 1. Ablaufschema (Codierung: blau - Selbstlernphasen, violett - betreutes Arbeiten im Labor, rot - prüfungsrelevante Arbeiten, grün - Lehr-Lerneinheiten)

Bei der klassischen Lehr- und Prüfungsvariante lernen die Studierenden eine große Stoffmenge am letzten Tag vor der Klausur, so dass diese höchstens in der Klausur noch präsent und danach oftmals schnell wieder in Vergessenheit geriet. Oder anders formuliert: Reinfuttern, ausspucken, vergessen. Anders als bei dieser bereits von Studierenden als "Bulimie lernen" [10] bezeichneten Form des Lernens mit dem einzigen Ziel, die anstehende Klausur zu bestehen, motiviert das neu gestaltete Lehr-Lernarrangement die Studierenden zu kontinuierlichem Lernen. Das sich über das Semester aufbauende Lernen bewirkt eine intensive Verinnerlichung des Gelernten. So erschienen in den vorherigen Semestern die Studierenden eher mäßig vorbereitet zu den Praktika und auch die Qualität der Protokolle be-

wegte sich auf einem niedrigen Niveau. Sowohl in den Minitests als auch während der Fachgespräche in den Praktika und bei der Kontrolle der Protokolle konnte nun eine intensivere Auseinandersetzung mit den Fachinhalten als zuvor festgestellt werden.

## 6. Erste Zwischenevaluierung der laufenden Veranstaltung

Auch wenn am Ende der Lehrveranstaltung eine ausführliche Evaluierung durch die Studierenden stattfinden soll, so wird ihnen bereits jetzt zum Ende jeder Lehr-Lerneinheit in dem jeweiligen Forum die Möglichkeit zum konstruktiven Feedback gegeben.

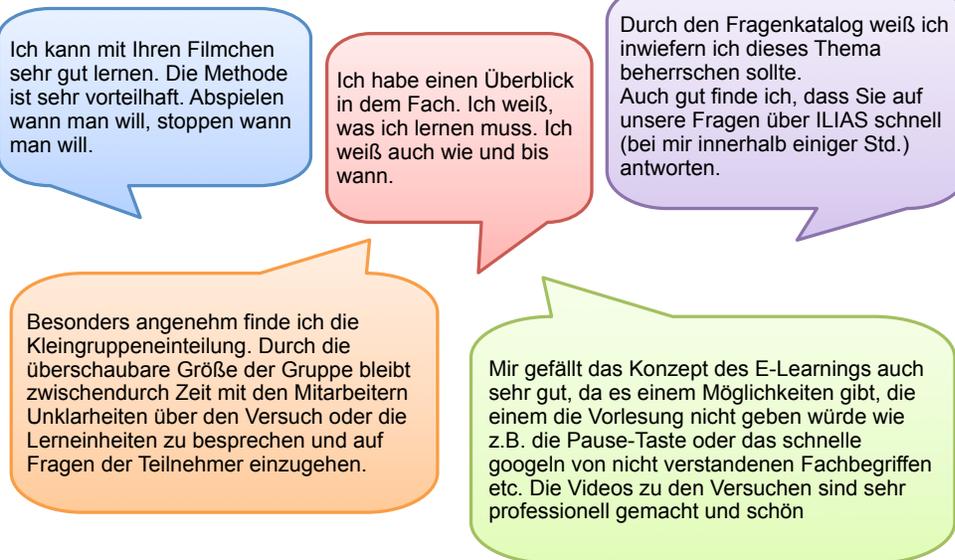


Abb. 2. Feedback von Studierenden im Online-Forum

Neben einigen Anregungen zur zeitlichen Organisation ist das Feedback der Studierenden bislang durchweg positiv. Einige Äußerungen aus dem Online-Forum des Moduls gibt Abbildung 2 wieder.

Dieses Feedback deckt sich mit den Erwartungen und Erfahrungen des Lehrenden und der involvierten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Darüber hinaus ist aber auch der direkte Vergleich zu der „klassischen“ Lehr- und Prüfungsform in diesem Modul von besonderem Interesse und Wert, da eine Beurteilung auf Grundlage langjähriger Erfahrungen erfolgen kann.

Wie aus dem obigen Feedback der Studierenden zu ersehen, wird die Möglichkeit zum selbstständigen Erarbeiten der Lerninhalte im individuellen Tempo sehr positiv bewertet. Durch die Kurzprüfungen, aber vor allem auch in den fachlichen Gesprächen im Rahmen der Praktika zeigt sich, dass ein Großteil der Studierenden die Lehrinhalte nicht nur richtig wiedergeben kann, sondern fachlich durchdrungen hat. Erstmals ist damit eine Diskussion mit den Studierenden auf hohem fachlichen Niveau auch während der Praktika möglich, was Studierende und Lehrende gleichermaßen motiviert. Folglich sind auch die resultierenden Praktikumsberichte durchweg gut bis sehr gut.

Erstmals erscheint das Modul sowohl Studierenden als auch Lehrenden nicht wie eine Aneinanderreihung von Kapiteln und nebenherlaufenden, zusätzlichen Praktika, sondern es präsentiert sich als homogenes Ganzes.

## 7. Schlussbetrachtungen und Ausblick

Die in dem Fallbeispiel beschriebene Vorgehensweise und die intendierten Lernziele finden gemäß des Prinzips der oben skizzierten Curriculum-Werkstatt eine Fortsetzung in den weiteren Semestern. Hier finden die Grundlagenfächer vor allem in den projektbasierten Modulen ihren Anwendungsbezug. Auf der Basis der inhaltlich übergreifenden Entwicklung der Module werden im Rahmen eines Qualitätssicherungsprozesses im Team der Lehrenden Erfahrungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit der in der Modulbeschreibung formulierten Lernziele und der entsprechend gewählten Lehr- und Prüfungsformate ausgetauscht. Damit soll eine geeignete Anknüpfung und Anwendung des erworbenen Wissens in den weiteren Semestern erreicht werden. Darüber hinaus fließen die gewonnenen Erkenntnisse des Inverted-Classroom-Konzeptes in die hochschulweit angelegte Begleitforschung im Sinne der Implementierung und Verbesserung einer geeigneten Lehr- und Lernplattform ein. Somit können andere interessierte Lernende und Lehrende erste Impulse aufnehmen und im Dialog zu einer Weiterentwicklung beitragen.

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Martin Bonnet** | Professor, Geschäftsführender Direktor // Institut für Werkstoffanwendung, Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme, Fachhochschule Köln // martin.bonnet@fh-koeln.de

**Edith Hansmeier** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Prodekanin Studium und Lehre Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme, Fachhochschule Köln // edith.hansmeier@fh-koeln.de

**Nadine Kämpfer** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Mediendidaktik und Medientechnik Projekt ProfIL<sup>2</sup>, Fachhochschule Köln // nadine.kaemper@fh-koeln.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Heuchemer, Sylvia, (2011), ProfIL<sup>2</sup> – Projekte für inspirierendes Lehren und Lernen, am 22.11.2012 entnommen von: [http://www1.fh-koeln.de/imperia/md/content/www\\_exzellente\\_lehre/profil2.pdf](http://www1.fh-koeln.de/imperia/md/content/www_exzellente_lehre/profil2.pdf)
- [2] Biggs, John B.; Tang, Catherine, (2007), Teaching for quality learning at university. What the student does. 3rd ed. Maidenhead: Mc Graw-Hill, S. 50ff.
- [3] <http://www.edaktik.de/2011/11/gar-nicht-so-neues-konzept-flipped-classroom/>; Stand: 27.02.2013
- [4] Gannod, Gerald C.; Burge, Janet E. ; Helmick, Michael T. , (2008), Using the inverted classroom to teach software engineering, Proceedings of the 30th international conference on Software engineering, Universität Leipzig, Leipzig, S. 777-786.
- [5] Fischer, Maike & Spannagel, Christian, (2012), Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung, In J. Desel, J. M. Haake & C. Spannagel (Hrsg.), DeLFI 2012 – Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 225-236). Bonn: Köllen Druck+Verlag.
- [6] Moore, M., (2003), Handbook of distance education, Mahwah N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- [7] Kerres, Michael, (2012), Mediendidaktik - Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote, Oldenbourg Verlag, München.
- [8] Nielsen, Jakob, (2006), Participation Inequality: Encouraging More Users to Contribute, am 10.12.2012 entnommen von: [http://www.useit.com/alertbox/participation\\_inequality.html](http://www.useit.com/alertbox/participation_inequality.html)

[9] <https://ilias.fh-koeln.de/>; Stand: 27.02.2013

[10] Bathen, Dirk; Sporer, Josefine; Deinert, Eva; Haiss, Martin (2009), Duden - Das neue Wörterbuch der Szene-sprachen, Bibliographisches Institut, Mannheim.

---

# Innovative XXL-Lehre: Das Beispiel „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ an der RWTH Aachen

## Einleitung

In diesem Beitrag wird ein Best-Practice Beispiel vorgestellt, das vor dem Hintergrund verschiedenster Einflussfaktoren im gesamten universitären Lehrprozess innovative Lehrmethoden und -konzepte umsetzt. Studierende rücken dabei ins Zentrum ihres Lernprozesses, insbesondere bei Lehrveranstaltungen mit großen Hörerzahlen. Am Beispiel der Lehrveranstaltung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement (ZLW) der RWTH Aachen University wird aufgezeigt, wie die Vorlesung ein vollständiges Redesign erfahren hat, um den veränderten Rahmenbedingungen und Anforderungen aller am Wertschöpfungsprozess „Lehre“ beteiligten Stakeholdern gerecht zu werden.

## 1. Veränderte Einflussfaktoren im Kontext der Hochschullehre

In den letzten zehn Jahren haben tiefgreifende Veränderungen in der Hochschullehre stattgefunden. Unterschiedliche Strömungen haben Einfluss auf die Gestaltung der Hochschullehre genommen. Zu diesen zählen u.a. der Fokus auf die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen, das veränderte Mediennutzungsverhalten [1] der heutigen Schulabsolventen und -absolventinnen sowie die Vielzahl von Studierenden an deutschen Hochschulen. Diese wichtigsten Einflussfaktoren werden im Folgenden näher erläutert.

## 1.1 Überfachliche Kompetenzen

Die Vermittlung von überfachlichen Kompetenzen spielt in der Hochschullehre im Allgemeinen und in den Ingenieurstudiengängen im Speziellen eine zentrale Rolle. Nicht nur Fachwissen wird heutzutage von Ingenieuren und Ingenieurinnen erwartet – dieses wird weitgehend als selbstverständlicher Output der Universität vorausgesetzt –, sondern vor allem auch überfachliche Kompetenzen wie Methoden, Selbst-, Organisations- und Sozialkompetenzen [2].

Das ZLW hat bereits seit langem aus seinem interdisziplinären und ganzheitlichen Ansatz heraus bei der Konzeption und Durchführung der Lehrveranstaltungen den Anspruch, Lehre so zu gestalten, dass zusätzlich die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen im Fokus steht. Unterstützt bzw. implementiert wird dies im Curriculum durch den Bologna Prozess [3]. Ein Kernziel der Reform ist es, die Beschäftigungsfähigkeit („Employability“) von Hochschulabsolventen und Hochschulabsolventinnen zu fördern [4]. Studierende sollen demnach so ausgebildet werden, dass sie dem Arbeitsmarkt schnell, effizient und adäquat ausgebildet zur Verfügung stehen [5].

Zudem setzt sich der Paradigmenwechsel “shift from teaching to learning“ [6], also die zunehmend studienzentrierte und beteiligungsorientierte Gestaltung der Lehre, immer mehr in der Praxis durch: „It is charac-

terized by innovative methods of teaching which aim to promote learning in communication with teachers and other learners and which take students seriously as active participants in their own learning, fostering transferable skills such as problem-solving, critical thinking and reflective thinking“ [7]. Die Gestaltung der Lehre orientiert sich nun vielmehr an „Learning Outcomes“, also an den Lernergebnissen von Studierenden und deren Erreichung als an der „Content-Orientierung“, d.h. der Vermittlung von Inhalten.

## 1.2 Digital Natives – der Student von heute?!

Für eine studierendenorientierte Gestaltung von Lehrveranstaltungen ist es für Lehrende von zentraler Bedeutung, die Zielgruppe - die Studierenden - zu kennen und sie aktiv in die Lehrveranstaltung einzubinden [8]. Die heutige Generation von Jugendlichen wird häufig als „Digital Natives“ [9] bezeichnet. Digital Natives sind „[...] Menschen [...], die nach 1980 direkt in das digitale Zeitalter hineingeboren wurden, [...]. Sie sind durchweg vernetzt und mit den neuen digitalen Medien und Möglichkeiten bestens vertraut.“ [10]. Hier wird die zentrale Rolle von neuen und sozialen Medien wie beispielsweise Blogs, Foren oder sozialen Netzwerken für die Studierenden deutlich. Neue technologische Entwicklungen begünstigen diesen Trend zusätzlich. Neue Medien wie Audience Response Systeme (ARS) bieten an dieser Stelle sowohl die technologischen als auch die didaktischen Möglichkeiten, um Studierende in Lehrveranstaltungen einzubeziehen und mit ihnen in Interaktion zu treten [11]. Vor diesem Hintergrund ist heutzutage von einem anderen Mediennutzungsverhalten der Studierenden auszugehen. Sie bringen einerseits andere Voraussetzungen mit als Studierende, die vor den 1980er Jahren geboren sind und haben gleichzeitig andere Ansprüche

an die Gestaltung der Lehre in Hinblick auf den Einsatz von neuen und sozialen Medien [1].

Der Bedarf nach Einsatz neuer Medien im Kontext der Hochschullehre spiegelt sich im Ideenwettbewerb von TeachING-LearnING.EU (siehe Teaching-Learning.EU, <http://www.teaching-learning.eu/aktuelles/ideenwettbewerbe.html>) wider. Studierende der Ingenieurwissenschaften können durch die Einreichung eigener Ideen aktiv an der Verbesserung der Lehre und des Lernprozesses ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge mitwirken. Die eingereichten Ideen zeigen die Forderung nach neuen technologischen Möglichkeiten wie sozialen Netzwerken, der Aufzeichnung von Lehrveranstaltungen, der Nutzung von Lehrportalen zur Bereitstellung von Lernmaterialien und Skripten. Die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen ist nicht nur ein Ziel von Bologna, sondern wird ebenso in den eingereichten Ideen der Studierenden gewünscht.

## 1.3 Steigende Studierendenzahlen

Der steigende Bedarf an Ingenieuren und Ingenieurinnen [12] und damit einhergehend die steigende Anzahl von Studienanfängern und Studienanfängerinnen stellt ingenieurwissenschaftliche Studiengänge vor die Herausforderung, in Lehrveranstaltungen mit einer großen Zahl an Studierenden umgehen zu müssen bzw. auch zu können. Dieses Problem wird zusätzlich durch die Verkürzung der Schulzeit um ein Jahr im Zuge der Schulreform verschärft. 2013 steht der doppelte Abiturjahrgang an, weswegen die Zahl der Einschreibungen an deutschen Universitäten deutlich steigen wird. Der Wegfall der Wehrpflicht begünstigt diese Entwicklung zusätzlich. Dies hat zur Folge, dass neue Interaktionsmöglichkeiten für die Studierenden im Rahmen „klassischer“ Lehrveranstaltungen mit großen Hörerzahlen

geschaffen und implementiert werden. Hierzu bedarf es ebenso geeigneter technischer Lösungen, wie entsprechend neu aufbereiteter Inhalte.

Zusammengefasst ergeben sich für das Lernverhalten, aber auch das Lehrkonzept neue Anforderungen sowie Möglichkeiten, die mit steigenden Hörerzahlen, wachsenden (überfachlichen) Anforderungen von Seiten der Wirtschaft und der Vielfalt medientechnischer Lösungen umgehen müssen, wie zum Beispiel: Die Ansprache der Studierenden über verschiedene Kanäle und der angepasste Zugang zum Lehrstoff:

- Interaktive Angebote, die individuelle Lernprozesse, -wege und -geschwindigkeiten zulassen
- Mitgestaltung der Inhalte mit praxis- und projektbasierter Ausrichtung neben reiner Wissensvermittlung

Im Folgenden wird unser Versuch, diesen Bedarfen und Ansprüchen in der Lehrveranstaltung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ durch Neukonzipierung gerecht zu werden, vorgestellt.

## **2. Redesign der Vorlesung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“**

### **2.1 Umsetzung des neuen Lehrkonzeptes**

Die Erstsemester-Pflichtveranstaltung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ (KOE) wird unter Verantwortung der promovierten Soziologin und habilitierten Maschinenbauerin Ingrid Isenhardt organisiert und durchgeführt. Insgesamt besuchen ca.

1.200 Studierende, größtenteils des Maschinenbaus, die Veranstaltung. Neben der wöchentlich stattfindenden Vorlesung findet zusätzlich eine Laborübung statt, die den Studierenden die Simulation eines Unternehmens und dadurch die direkte Erprobung in einer möglichst authentischen Umgebung ermöglicht. Unter den eingangs dargelegten veränderten Einflussfaktoren und der Prämisse der Lernerfolgsmaximierung sowie der nachhaltigen Vermittlung von praxisrelevanten und überfachlichen Inhalten wurde die Vorlesung kontinuierlich weiterentwickelt und im Wintersemester (WS) 2012/2013 einem kompletten Redesign unterzogen. Dabei wurden neue lern- und lehrdidaktische Elemente implementiert bzw. bestehende weiter ausgebaut. Die Veranstaltungselemente sind in Abbildung 1 visualisiert und werden folgend erläutert (im WS 2012/2013 neu eingesetzte Elemente sind mit einem \* gekennzeichnet).

### **2.2 Theorieinput & Vorlesungsmodule**

Insgesamt besteht die Vorlesung aus zwölf Modulen, von den Grundlagen der Kommunikation- und Organisationsentwicklung, Lern- und Wissensmanagementkonzepten und interkulturellen Aspekten weltweiter Arbeitsteilung über Management- sowie systemtheoretische Ansätze bis hin zu Praxisbeiträgen verschiedener Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft (siehe Expertenvorträge in Abb. 1). Das gesamte Lehrkonzept folgt dabei einer streng linearen Struktur (siehe Abbildung 2). So knüpfen beispielsweise die Praxisvorträge an bereits vermittelte Theorieinhalte an, greifen diese auf und schaffen so den idealtypischen Transfer von Theorie und Praxis.

Am Ende eines jeden Moduls werden die Vorlesungsinhalte auf den modulrelevanten Rekursionsebenen re-

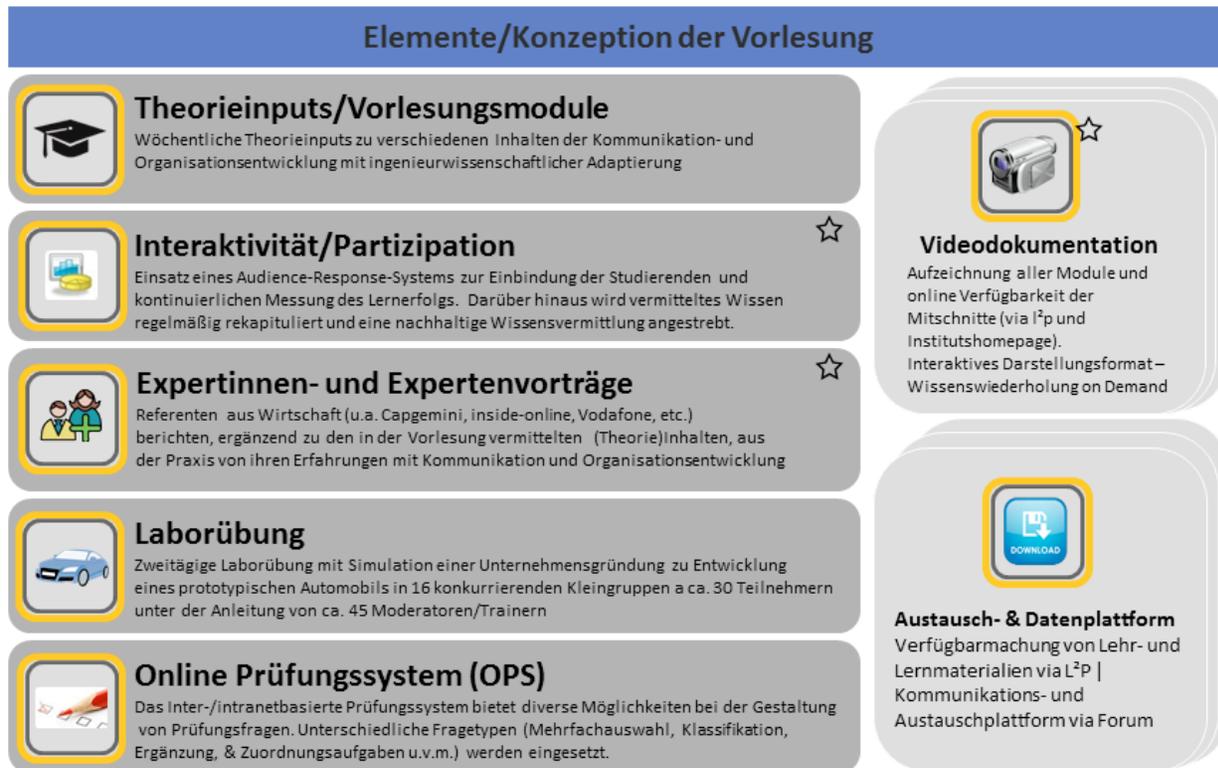


Abb. 1: Struktur der Vorlesung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ der RWTH Aachen University [Eigene Darstellung]

flektiert und resümiert. Hierzu wird der KOE-Trichter eingesetzt (siehe Abbildung 3), der auf sowohl die systemische Sichtweise (auf der linken Seite des Trichters) als auch die unterschiedlichen Unternehmensebenen aufgreift (auf der rechten Seite des Trichters). Dabei werden Kommunikation und Organisationsentwicklung als entscheidende Entwicklungsstränge der Gestaltung der Interaktion von Mensch, Organisation und Technik auf

unterschiedlichen organisationalen Ebenen (z.B. innerhalb von Abteilungen oder in Projektteams) reflektiert.



Abb. 2: KOE Vorlesungstreppe [Eigene Darstellung]

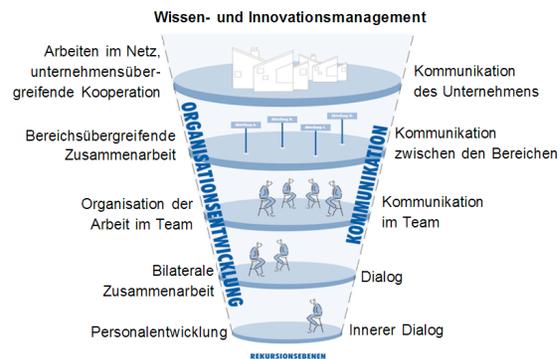


Abb. 3: KOE Trichter/Rekursionsebenen [Eigene Darstellung nach 13]

### 2.3 Interaktivität durch Einsatz eines „Audience Response System“

Um den Bedarfen der Studierenden, beispielsweise hinsichtlich interessengerechter Informationsvermittlung gerecht zu werden, wird seit dem WS 2012/2013 ein Audience Response System (ARS) eingesetzt (Online Abstimmungstool zum Einbeziehen des Auditoriums). Den Studierenden wird dadurch mehrfach (ca. 2-3 Mal) ermöglicht, aktiv in die Vorlesung einzugreifen und z.B. (Teil-)Inhalte auszuwählen, Wissen gezielt zu rekapitu-

lieren, zu interpretieren und zu reflektieren oder sich auf mögliche Klausurfragen vorzubereiten (siehe Abbildung 4). Dabei werden die Taxonomien von Lernzielen, wie z.B. wissen, verstehen, anwenden und analysieren [14] [16], durch beispielsweise Wissens- und Verständnisfragen, sowie Anwendungsbeispiele nahezu ganzheitlich adressiert, was zur Folge hat, dass Problemlösungskompetenzen der Studierenden gefördert werden. Die Teilnahmebarrieren für die Studierenden sind denkbar gering. Benötigt werden ein internetfähiges Endgerät (Smartphone, Laptop) und eine funktionierende Internetverbindung (z.B. eduroam).

#### VL 4: (Klausurfrage) Welches der folgenden Menschenbilder findet sich nicht innerhalb der Strömungen der Organisationsentwicklung wieder?

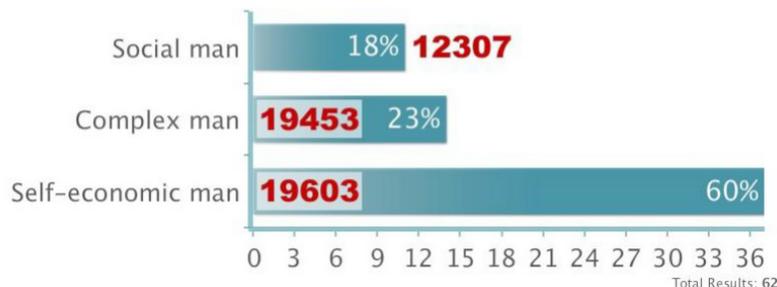


Abb. 4: Exemplarische ARS Darstellung [Eigene Darstellung | polleverywhere.com]

### 2.4 Expertinnen- und Expertenvorträge

Wie eingangs bereits erwähnt, strebt das Redesign der Vorlesung einen erhöhten Relevanz- und Praxisbezug für die Studierenden an und erhöht gleichzeitig die Fä-

higkeit, das Arbeits- und Berufsleben in seiner Komplexität zu verstehen. So geben mehrere renommierte Gastredner aus der Industrie (darunter u.a. Vertreter der Unternehmen Vodafone Group, Inside Unternehmensgruppe, Capgemini und der p3 Ingenieurgesellschaft) Einblicke in ihre Unternehmen und Berufserfahrungen. Inhaltlich thematisieren die Experten beispielsweise

ihre Erfahrungen im Rahmen internationaler Projektarbeit (Thema weltweite Arbeitsteilung & kulturelle Diversität bei Offshore Projekten mit/in Indien) und interdisziplinärer/fachkultureller Herausforderungen (Thema interkulturelle Zusammenarbeit am Beispiel des Projektes Airbus). Dabei schlagen diese gleichsam die Brücke zwischen bereits vermittelten theoretischen Inhalten und der Relevanz von Kommunikation und Organisationsentwicklung im täglichen Arbeitsprozess. Darüber hinaus vermitteln die Experten wichtige essentiell-notwendige überfachliche Kompetenzen, die weit über die rein fachliche Qualifikation der ingenieurwissenschaftlichen Studierenden hinausgehen, beispielsweise Sozial-, Selbst- und Methodenkompetenz. Um dem Spannungsfeld zwischen der Vermittlung von wissenschaftlichen Grundlagen und praxisbezogener Lehrform gerecht zu werden [15], wurde auf eine adäquate Inhalts- und Grundlagenverteilung geachtet (nicht zu Lasten unzureichender wissenschaftlicher Grundlagen).

## 2.5 Laborübung

Beim Thema Kommunikation und Organisationsentwicklung versteht es sich von selbst, dass nicht alle Vorlesungsinhalte und Lernziele zur Wissensvermittlung in Großvorlesungen geeignet sind bzw. nicht internalisiert werden können. Daher findet vorlesungsbegleitend einmal im Semester an 1,5 Tagen zusätzlich eine Laborübung statt, in der es den Studierenden möglich ist, zuvor theoretisch vermittelte Grundlagen praktisch in Form einer Unternehmenssimulation (simulation-based-learning) anzuwenden und sich in Kommunikations- und Arbeitsprozessen zu erproben. In Gruppen von bis zu 30 Studierenden gründen sie ein fiktives Unternehmen der Automobilbranche mit verschiedenen Abteilungen (u.a. Marketing/Vertrieb, Konstruktion & Design), entwickeln Zielsysteme sowie Unternehmens-

strategien, definieren und koordinieren Kommunikationswege und konstruieren ein innovatives Automobil unter der Anleitung von 40 erfahrenen und aufwendig geschulten Coachs. Das Arbeiten in Teams und die Kommunikation zwischen den Abteilungen zeigt den Studierenden binnen kürzester Zeit authentisch die Relevanz der Vorlesung (bzw. der vermittelten Inhalte) sowie den Bezug zur Arbeitswelt und schafft gleichzeitig die Sensibilisierung für die Notwendigkeit strukturierter Kommunikation und Organisationsprozesse.

## 2.6 Online Prüfungssystem (OPS)

Um die Prüfung von über 1.000 Studierenden ressourceneffizient und gleichzeitig lernzielorientiert zu gestalten, erfolgt die Abnahme des Prüfungsnachweises (insgesamt ca. sechs Kohorten à 120 Minuten) über ein digitales Online Prüfungssystem. Die von den Lehrinhalten abgeleiteten Klausurfragen werden in unterschiedlichen Taxonomiestufen (Schwierigkeitsstufen) geclustert und über ein randomisiertes Verfahren den Studierenden zugeteilt [14]. Dabei werden gleichermaßen Wissen abgefragt, als auch Transferleistung eingefordert. Die Aus- und Bewertung der Prüfungen erfolgt im Anschluss automatisiert und elektronisch.

## 2.7 (Interaktive) Videodokumentation

Wie bereits die Ergebnisse des Ideenwettbewerbs (siehe Teaching-Learning.EU, [www.teaching-learning.eu](http://www.teaching-learning.eu)) gezeigt haben, besteht von Studierendenseite ein großer Bedarf an digital aufbereiteten Lehrinhalten. Aus diesem Grund und durch das Redesign ermöglicht, wurde im WS 2012/2013 die komplette Vorlesung neu aufgezeichnet und sukzessive den Studierenden über das

Lehr- und Lernportal der RWTH Aachen (L<sup>2</sup>P) und den Institutsserver zur Verfügung gestellt.

Wie Abbildung 5 zeigt, handelt es sich dabei um eine interaktive Videodokumentation. Den Lernenden wird durch die Aufbereitung der Inhalte eine gezielte Wissensrekapitulierung ermöglicht. Außerdem werden sowohl die Folien inkl. Freihandzeichnungen und Animationen als auch ein Mitschnitt der Ausführungen der Dozentin bzw. Expertinnen und Experten dargestellt. Gleichsam wird so der Grundgedanke des „Corporate Learnings“ aufgegriffen. Der bzw. die Lehrende fungiert als Vermittler oder Vermittlerin und stellt Inhalte über unterschiedliche Kanäle zur Verfügung [17]. Den Lernenden wird so ermöglicht (on Demand), für sie relevantes Wissen zu wiederholen und zu versteigen sowie sich gezielt auf die lehrveranstaltungsabschließende Prüfung (Klausur) vorzubereiten (in Kürze stellen wir auf unserer Institutshomepage <http://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de> einen ausgewählten Vorle-

sungsvideomitschnitt exemplarisch für Interessierte zur Verfügung).

## 2.8 Austausch- und Datenplattform

Als Reaktion auf die veränderten Einflussfaktoren (z.B. neues Nutzungsverhalten) werden den Studierenden bereits seit dem Jahr 2007 Inhalte (Präsentationen, weiterführende Literatur, Informationen zu Terminen etc.) über das Lehr- und Lernportal der RWTH Aachen „L<sup>2</sup>P“ digital zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus haben diese die Möglichkeit, sich in einem Diskussionsforum untereinander und mit den Lehrenden sowie Betreuerinnen und Betreuern auszutauschen. Diese mediale, den Lern- und Lehrprozess unterstützende Plattform ist passwortgeschützt und ausschließlich den für die Veranstaltung angemeldeten Studierenden vorbehalten. Andere können Vorlesungsinformationen, Impressionen sowie Ansprechpartner und -partnerinnen über die Institutshomepage einsehen.

PowerPoint-Slide der Vorlesung inkl. Freihandzeichnungen und Anmerkungen

Videoaufzeichnung der Dozentin & Expertinnen und Experten

Interaktives Menü (aufbereitet entsprechend der Inhaltsübersicht)

Abb. 5: Oberfläche Videomitschnitt der Vorlesung [Eigene Darstellung]

## 3. Ausblick

Im Zuge des Redesigns der Vorlesung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ wurden erstmalig eLearning Elemente wie die Nutzung des Lehr- und Lernportals (L<sup>2</sup>P) zur Bereitstellung von Lernmaterialien sowie die aufbereiteten Videomitschnitte der Vorlesung integriert. Damit wurde die Vorlesung entsprechend der Bedarfe seitens der Studierenden und der zuvor dargestellten veränderten Einflussfaktoren didaktisch und methodisch angepasst. Die ersten Evaluationsergebnisse nach dem Redesign der Vorlesung zeigen, dass die Neuerungen im WS 2012/2013 einen positiven Einfluss auf die studentische Beurteilung der Lehrveranstaltung haben. Im Durchschnitt verbesserte sich die Bewertung der Veranstaltung um eine halbe Note (0,5 | arith. Mittelwert). Beispielsweise wurde der Einsatz von Hilfsmitteln und Demonstrationen im Rahmen der Vorlesung mit der Note 1,7 (arith. Mittelwert, n=382) bewertet (Steigerung um 0,4). Ebenso wurde ein positiver Trend in der Vermittlung der Lehrinhalte („Die Dozentin kann den Stoff verständlich erklären“) konstatiert (arith. Mittelwert von 2,4 im Vorsemester auf 2,1 im WS 2012/2013). Als Gründe hierfür werden die neu implementierten Elemente, wie der Einsatz des ARS-Systems, der digital aufbereitete Videovorlesungsmitschnitt sowie die Praxisbeiträge genannt.

Für eine kontinuierliche und bedarfsgerechte Verbesserung der Lehre besteht weiterhin Optimierungspotential der KOE-Vorlesung. Neben Überlegungen, die bislang im ersten Semester stattfindende Lehrveranstaltung zu einem späteren Zeitpunkt im Curriculum (ggf. ab dem vierten Semester) zu positionieren und dadurch eine erhöhte thematische Sensibilisierung der Studierenden zu erreichen, ist ein langfristiges Ziel, die Vorlesung nach der Methode des „just-in-time teaching“ [18]

zu konzipieren und (Inhalte) aufzubereiten bzw. anzupassen. Danach werden Präsenzveranstaltungen nicht mehr primär dazu genutzt, Lehrinhalte zu vermitteln, sondern vielmehr wird angestrebt, die Studierenden in der Vorlesung zur Interaktion zu motivieren sowie Fragen zum und Probleme mit dem Lehrstoff zu diskutieren. Vor jeder Präsenzveranstaltung werden den Studierenden hierzu Aufgaben und Fragen online zur Verfügung gestellt. Lehrendekönnen so die Ergebnisse der Studierenden vor der nächsten Vorlesung „just in time“ sehen und entsprechend ihre Vorlesung aufbauen. Mit dieser Methode erhalten Lehrende zum einen Feedback über den Wissens- und Lernstand der Studierenden, womit sie auf die Bedarfe der Studierenden eingehen können. Zum anderen werden neue, studierendenaffine Medien eingesetzt. Des Weiteren erlernen Studierende überfachliche Kompetenzen, indem sie eigenständig Fragen formulieren sowie Aufgaben selbstorganisiert bearbeiten müssen. Die stetige Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung „Kommunikation und Organisationsentwicklung“ dient primär dem Ziel, für große Hörerzahlen ein noch bedarfs- und zielgruppenorientierteres Lehrangebot zu schaffen.

## Autorinnen und Autoren

**Daniela Janßen** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // daniela.janssen@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Stefan Schröder** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // stefan.schroeder@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**PD Dr. phil. Ingrid Isenhardt** | 1. Stellvertretende Direktorin // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // ingrid.isenhardt@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Grosch, Michael, Gideon, Gerd (2011), Mediennutzungsgewohnheiten im Wandel, KIT, Scientific Publishing.
- [2] Pankow, Franziska (2008), Die Studienreform zum Erfolg machen! Erwartungen der Wirtschaft an Hochschulabsolventen. Deutscher Industrie- und Handelskammertag.
- [3] Schuster, Katharina, Bach, Ursula, Richert, Anja, Jeschke, Sabina (2011), OpenBologna - a strategic instrument for integrating students in curriculum development, engineering education, vol.6, issue 2.
- [4] The Bologna Declaration (1999).
- [5] Jungmann, Thorsten, Müller, Kristina, Schuster, Katharina (2010), Shift from TeachING to LearnING. Anforderungen an die Ingenieurausbildung in Deutschland, In: Journal Hochschuldidaktik, Heft 02, 7.
- [6] Wildt, Johannes (2003), „The Shift from Teaching to Learning“ – Thesen zum Wandel der Lernkultur in modularisierten Studienstrukturen, In: Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen im Landtag NRW, Unterwegs zu einem europäischen Bildungssystem, S. 14-18.
- [7] The European Students' Union, Student-centred learning - Toolkit for students, staff and higher education institutions, Brüssel.
- [8] Petermann, Marcus, Isenhardt, Ingrid, Tekkaya, Erman (2012), LearnING by doING - Wie steigern wir den Praxisbezug im Ingenieurstudium?, Vortrag 6.
- [9] Schulmeister, Rolf (2009), Gibt es eine Netgeneration? Hamburg.

- [10] Palfrey, John, Grasser, Urs (2008), Born digital – Understanding the first generation of digital natives Basic Books, New York.
- [11] Stehling, Valerie, Bach, Ursula, Richert, Anja, Jeschke, Sabina (2012), Teaching professional knowledge to XL-classes with the help of digital technologies, In: Hrsg. v. ProPEL Conference Proceedings.
- [12] Am 19.12.2012 entnommen von: <http://www.presseportal.de/pm/16368/2362459/gute-jobaussichten-fuer-ingenieure-trotz-wirtschaftlicher-eintruebung-hoher-bedarf-an-ingenieuren>
- [13] Le Mar, Bernd (Hrsg.) (2001), Menschliche Kommunikation im Medienzeitalter – im Spannungsfeld technischer Möglichkeiten und sozialer Kompetenz, 2. Auflage, Berlin.
- [14] Anderson, Lorin W. (Hrsg.) (2011), A taxonomy for learning, teaching, and assessing – a revision of Bloom’s Taxonomy of educational objectives, New York.
- [15] Wegner Elisabeth, Nückels Matthias (2011), Die Wirkung hochschuldidaktischer Weiterbildung auf den Umgang mit widersprüchlichen Handlungsanforderungen, ZFHE, Jg. 6, Nr. 3, S. 171-188.
- [16] Bloom, Benjamin (Hrsg.) (1976), Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich, Weinheim.
- [17] Mader, Sylvia (2011), On-Demand-Lernen – Komprimiertes Wissen, hier und jetzt, am 11.12.2012 entnommen von [http://www.getabstract.com/www/blog/blog\\_de/?p=1373](http://www.getabstract.com/www/blog/blog_de/?p=1373)
- [18] Am 19.12.2012 entnommen von: [http://mazur.harvard.edu/sentFiles/Mazur\\_263828.pdf](http://mazur.harvard.edu/sentFiles/Mazur_263828.pdf)

---

# Kreative Forschende oder fleißige Arbeitsbienen?

## Die Abschlussarbeit als Chance zur Kreativitätsförderung im Ingenieurstudium

### Einleitung

Im Oktober 2012 stand der Aktienkurs von Apple bei knapp über 700 US Dollar. Bis Februar 2013 ist der Kurs auf ca. 450 US Dollar gesunken. In nur vier Monaten hat das Unternehmen rund ein Drittel seines Börsenwertes verloren. Trotz gestiegener Gewinnzahlen wird der Kursverfall mit einer „nachlassenden Innovationskraft“<sup>1</sup> begründet. Die Weiterentwicklung der existierenden, einstmals innovativen Produkte reicht offensichtlich nicht, um die Erwartungen an das Unternehmen zufrieden zu stellen, stattdessen ist eine neue Innovation gefragt. Die Entwicklerinnen und Entwickler von Apple werden kreativ sein müssen, sie brauchen „etwas Neues“. Doch Innovationsfähigkeit kann nicht nur für Unternehmen von entscheidender Bedeutung sein, auch die Gesellschaft als Ganzes sieht sich mit Problemen konfrontiert, für die es noch keine Lösungen gibt. Die Bewältigung des Klimawandels und der demographischen Veränderungen sind zwei herausragende Beispiele, aber auch die Beherrschung komplexer, immer „autonom“ erscheinender Technik in Alltags- und Berufssituationen. [13],[14]

---

1 <http://www.rp-online.de/digitales/internet/100-spezialisten-arbeiten-an-der-iwatch-1.3214734> (abgerufen am 20.2.2013)

Kreativität gilt deshalb als eine der Schlüsselkompetenzen im 21. Jahrhundert, als treibende Kraft der wirtschaftlichen Entwicklung und des gesellschaftlichen Wohlstands. Sie spielt vor diesem Hintergrund auch bei Europe 2020, der Strategie für Wachstum der EU Kommission, eine entscheidende Rolle.<sup>2</sup> Bereits heute hängt die Entstehung neuer Arbeitsplätze oftmals von den Fähigkeiten der Beschäftigten zum unkonventionellen Denken, der Entwicklung origineller Ideen oder dem Entwerfen visionärer Szenarien ab.

Bei der Förderung der Kreativität ihrer Studierenden scheinen sich deutsche Hochschulen jedoch noch im Dornröschenschlaf zu befinden: Stark strukturierte Studiengänge schränken die Entfaltungsmöglichkeiten der Lernenden ein und konzentrieren sich, gerade in den Ingenieurwissenschaften, auf die Vermittlung von Fach- und Methodenkenntnissen. Die Studierenden sind bei der Entwicklung ihrer kreativen Potenziale auf sich selbst gestellt – und auf den Raum außerhalb der Hochschule [2]. An den meisten Universitäten gibt es weder eigenständige Lehr-/Lernangebote zum kreativen Studieren und Arbeiten, noch werden Szenarien zur Kreativitätsförderung in bestehende Lehrveranstaltungen integriert.

---

2 [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_de.htm) (abgerufen am 20.2.2013)

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer kleinen Voruntersuchung vorgestellt, die Hinweise darauf geben, dass im Ingenieurstudium (zumindest in den untersuchten Studiengängen) so etwas wie die Herausbildung von „Forschergeist“ vernachlässigt wird. Dies wird zum Anlass genommen, über die Rolle der Abschlussarbeit im Ingenieurstudium zu diskutieren, und hier insbesondere über die Folgen der verbreiteten Praxis, Themen für die Abschlussarbeit zu vergeben statt sie von den Studierenden, ganz im Sinne eines kreativen Forschungsprozesses, selbst entwickeln zu lassen.

## 1. Kreativität im Ingenieurstudium

Um den Umfang und die Art der Kreativitätsförderung im Ingenieurstudium bestimmen zu können, ist ein tragfähiges Konzept von „Kreativität“ im Kontext der Hochschullehre notwendig. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts „Gestaltung kreativitätsförderlicher Lehr-/Lernkulturen an Hochschulen“ (2008-2011) wurde ein Modell entwickelt, das alle Aspekte von „Kreativität“, die in der Hochschullehre vorkommen, umfasst und beschreibt [7],[8],[16],[17][18]. Grundlage hierfür war eine mehrstufige qualitative Studie: In der ersten bundesweiten Erhebungswelle wurden 10 Expertinnen- und Experteninterviews mit Lehrenden aus unterschiedlichen Disziplinen geführt, die einen Lehrpreis gewonnen hatten (z.B. ars legendi; unicum „Professor des Jahres“) oder die von Studierenden im Internetportal „MeinProf.de“ besonders gut bewertet worden sind. In einer zweiten Welle wurden 10 Lehrende aus den Erziehungswissenschaften der Universitäts-Allianz-Metropole-Ruhr (UAMR) befragt, um zu überprüfen, ob das Kreativitätsverständnis disziplinär beeinflusst wird. Bei beiden Wellen stand die Frage im Vordergrund, was nach Ansicht der Lehrenden eine kreative Leistung ihrer Studierenden sei. Dabei wurden

6 Facetten von Kreativität identifiziert, die im Rahmen der dritten Erhebungswelle mit einer Online-Befragung aller Lehrenden an der UAMR überprüft und bestätigt wurden. Kreativität umfasst demnach reflektierendes Denken (1), selbständiges Lernen (2), Lernmotivation (3), kreierendes Lernen (4), vielperspektives Denken (5) und die Entwicklung origineller Ideen (6).

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes ELLI „Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften“ (2011-2016) wurden diese sechs Facetten als Grundlage für eine Analyse der Modulbeschreibungen von zwei Ingenieurstudiengängen an den drei Universitäten Aachen, Bochum und Dortmund genutzt. Inhalte, die sich einer der sechs Facetten zuordnen ließen, wurden kodiert und ausgezählt. Im Ergebnis ließ sich ein vergleichsweise hoher Anteil von reflektierendem Denken, Lernmotivation und kreierendem Lernen beobachten, während selbständiges Lernen weniger, und vielperspektives Denken sowie die Entwicklung neuer Ideen nach den Modulbeschreibungen in den untersuchten Studiengängen kaum vorkommen (s. Abbildung 1). [9],[10],[12],[23]

Das zeichnet eher ein Bild von Studierenden, die fleißig vorgegebene Aufgabenstellungen möglichst abarbeiten (sollen) statt mit selbst gewählten Wegen, riskanteren Perspektiven und im Diskurs mit anderen eigenständig neue Probleme aufzuspüren und deren Lösungen zu (er) finden. Damit scheint so etwas wie die Ausbildung von „Forschergeist“ zu fehlen: Das (gemeinsame) Beraten über Fragen in der Community (1), das Aufstellen und Diskutieren (auch mal gewagter) Thesen (2), das Treffen eigener Entscheidungen (3), das Einholen kollegialer Beratung im Diskurs (4), und schließlich das Wissen, an wirklich neuen Problemlösungen zu arbeiten (5) und ihren Nutzen zu erkennen (6). Es fehlt der Blick auf „das



Abb. 1. Kreativität im Ingenieurstudium

große Ganze“, das „big picture“. Zugegeben, dieses Ziel lässt sich nicht in allen ingenieurwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen gleichermaßen leicht verfolgen. Vor allem die großen Grundlagenvorlesungen lassen häufig nicht viel Spielraum zu. Zunehmend in den Fokus genommen werden in diesem Zusammenhang aber die Chancen, die das Lernen in Labors bietet [19],[22] [24]. Allerdings müssen dazu die häufig stark strukturierten Laborveranstaltungen aufgebrochen und neu konzipiert werden. Eine Möglichkeit, das selbständige Aufspüren von Themen, das Finden origineller Fragestellungen und Problemlösungen von Studierenden zu

fördern, bleibt in der Praxis des Ingenieurstudiums jedoch oftmals ungenutzt und ist von der Ingenieurdidaktik bisher kaum beachtet worden: Die Abschlussarbeit.

## 2. Die Abschlussarbeit im Ingenieurstudium

Jede Form von akademischer Ausbildung wird in ihrer Endphase von einer Abschlussarbeit begleitet. In der Regel handelt es sich dabei um die erste größere, selbstständig verfasste Auseinandersetzung mit einer wissenschaftlichen Fragestellung. Als zentraler Bestandteil

der Endphase des Studiums dient die Abschlussarbeit dazu, die Fähigkeit der Studierenden nachzuweisen, innerhalb eines eindeutig umrissenen Zeitraumes ein Problem eigenständig und unter Anwendung angemessener wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten und darzustellen [15]. Den Ausgangspunkt jeder Abschlussarbeit bildet die Wahl eines Themas. In den Sozial- und Geisteswissenschaften, in denen hauptsächlich theoretische und sozialwissenschaftlich-empirische Arbeiten verfasst werden, geht diese größtenteils auf persönliche und wissenschaftliche Interessen der Studierenden zurück [15].

In ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen fertigen die Studierenden ihre Abschlussarbeiten hingegen vermehrt nach inhaltlichen Vorgaben der Lehrkräfte oder in Unternehmen an, die mit der Hochschule kooperieren und die Aufgabenstellungen dort ausschreiben [1]. Diese Kooperationen ermöglichen es den Studierenden, bereits während der Ausbildung wertvolle praktische Erfahrungen zu sammeln sowie Kontakte zu potentiellen Arbeitgebern zu knüpfen [5]. Nicht selten wird den frischen Absolventinnen und Absolventen der Berufseinstieg durch diese bestehende Verbindung zu Unternehmen erleichtert [21]. Auch die Lehrenden haben durch die fachliche Betreuung dieser Arbeiten die Chance, Kontakte zu Unternehmen zu gewinnen, oder aber (falls sie die Themen selbst ausschreiben) kleinere Forschungsaufgaben (z.B. im Rahmen von Forschungsprojekten) von Studierenden bearbeiten zu lassen. Damit ist diese gelebte Praxis zunächst einmal für alle Beteiligten durchaus attraktiv. Der Preis für dieses Arrangement ist jedoch, dass einige Aspekte des mit den Abschlussarbeiten verbundenen Kompetenzerwerbs vernachlässigt werden. Mit Blick auf die Förderung von Kreativität und den oben beschriebenen mangelnden

„Forschergeist“ im Profil der Modulbeschreibungen, sprechen drei Gründe diese Praxis:

(1) Kreativität im weiteren Sinne meint die Schaffung von etwas Neuem und Nützlichem [3] und im eingegrenzten Bereich der Ingenieurwissenschaften die Entwicklung von Ideen zur Lösung von Problemen [20]. In diesem Kontext gehören zur Kreativität demnach immer zwei Akte: Die Identifikation eines Problems und die Hervorbringung einer Idee, die das Problem löst. Die Lösung vorgegebener Probleme ist damit nur eine Hälfte des kreativen Prozesses. Fehlt aber die Fähigkeit zur Problemidentifikation, kann es passieren, dass viele Ideen ungenutzt bleiben, weil das dazu passende Problem nicht erkannt wurde. Gerade bei der Durchführung von Experimenten kommt es mitunter zu unerwarteten Ergebnissen. Die Mehrheit der Forscherinnen und Forscher sind dabei so fixiert auf die angestrebten Ergebnisse, dass sie die Ergebnisse des Experiments verwerfen und den Versuchsaufbau ändern. Ein ausgeprägter Forschungsdrang führt jedoch dazu, dass Unerwartetes erklärt und auch mit anderen möglichen Problemen in Verbindung gebracht wird. Roy Plunkett ist auf der Suche nach einem Gas auf ein weißes Pulver gestoßen, welches er zunächst für unbrauchbar hielt. Statt es wegzuworfen, analysierte er es genauer und stellte fest, dass die neue Substanz korrosionsbeständig, elektrisch isolierend und sehr glatt ist. Im Bewusstsein des Problems von Oberflächen, die Reibung und Korrosion ausgesetzt sind, erkannte er, dass seine Substanz ein idealer Überzug war. Dieser kreativen Verbindung ist die heute weite Verbreitung von Polytetrafluorethylen (PTFE) zu verdanken, allgemein bekannt als Teflon. [6]<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Für zahlreiche weitere Beispiele zum Stichwort „Serendipity“ (Untersuchungen führen zu unerwarteten Ergebnissen und Beobachtungen ohne direkten Bezug zum Thema, werden aber weiterverfolgt) in der Wissenschaftsgeschichte siehe [6]

(2) Neben diesem Beispiel der gelungenen Übertragung einer Zufallsentdeckung spielt eine intensive Vorbereitung zu einem Thema eine wichtige Rolle in der kreativen Forschung. „Ein Forscher, dem seine Entdeckungen durch ‚Serendipity‘ glücken soll, muss nicht nur aufgeschlossen sein, sondern braucht auch ein sehr breites Wissen, damit er die Bedeutung oder die Folgen einer Entdeckung außerhalb seines eigentlichen Fachgebiets erkennen kann.“ [6] Die drei wesentlichen Faktoren für kreative Forschung sind nach Gaughan: „Vorbereitung, Gelegenheit, Hingabe“. Die Vergabe von Themen für die Abschlussarbeit räumt Studierendenden die Möglichkeit ein, in einem eingegrenzten Bereich zu arbeiten, ohne die Zusammenhänge mit anderen Bereichen zu kennen. Wer selbst ein Thema entwickeln muss, benötigt eine breitere Übersicht, muss bestehende Zusammenhänge und Verbindungen erkennen, nachvollziehen und verstehen, um die Tragfähigkeit seiner Problemstellung beurteilen zu können. Durch die notwendige Tiefe und Breite des Wissens findet eine umfassende Vorbereitung der eigentlichen Arbeit statt. Percy Spencer z.B. bemerkte während seiner Arbeiten für ein besseres Flugzeugradar, dass der Schokoriegel in seiner Tasche geschmolzen war. Er erkannte das Potenzial der Entdeckung und nutzte die Strahlen, um Maiskörner in Popcorn zu verwandeln und Würstchen zu erhitzen. Die Idee wurde weiterverfolgt und schließlich in Zusammenarbeit mit einem Haushaltsgeräte-Hersteller zur Marktreife gebracht; heute werden in vielen Ländern mehr Mikrowellen- als normale Herde verkauft. [6]

(3) Eine Idee, die nicht umgesetzt wird, nützt niemandem und ist folglich nicht kreativ. [25] Wenn Studierende sich einen Überblick über ein Wissenschaftsgebiet und dessen Zusammenhänge verschaffen und auf dieser Grundlage selbst ein Thema für ihre Abschlussarbeit generieren, müssen sie sich selbst und auch andere (min-

destens die begutachtenden Lehrenden, in der Regel aber auch ein größeres soziales Umfeld) von ihrer Idee überzeugen. Sie müssen für ihre Idee einstehen und sie verteidigen, sie müssen Feedback zur ihrer Idee abwägen und dann berücksichtigen oder zurückweisen, sie müssen sich verantwortlich für ihr Thema zeigen. Mit Überzeugung für eigene Ideen einzutreten (die vor dem Hintergrund einer breiten Wissensaneignung entwickelt wurden) und für ihre Umsetzung zu sorgen, gehört zur Kreativität dazu. Gaughan würde dies als Hingabe bezeichnen, hochschuldidaktisch lässt es sich mit den Begriffen Motivation und Selbstkompetenz einfangen. Columbus‘ Ideen zur Entdeckung eines Seewegs nach Ostasien wurden von der Wissenschaftsgemeinschaft zurückgewiesen, trotzdem hat er sich mit den bekannten Ergebnissen nicht von seiner Idee abbringen lassen. [4]

### 3. Resümée

Im Titel wurde die Frage gestellt, welche Absolventinnen und Absolventen der Ingenieurwissenschaften ausgebildet werden sollen: Kreative Forschende oder „fleißige Arbeitsbienen“? Es gibt Anhaltspunkte dafür, dass mindestens gesellschaftlich, wahrscheinlich aber auch aus Perspektive der Unternehmen, die Entwicklung von Studierenden hin zu kreativen Köpfen, die selbständig Probleme erkennen und Lösungen entwickeln, wünschenswert ist. Dann aber muss dies in den Studiengängen auch entsprechend berücksichtigt und gefördert werden. Die hier vorgestellte Vorstudie hat gezeigt, dass dies zumindest in den untersuchten Studiengängen offensichtlich nicht der Fall ist. Als ein bedeutendes Instrument zur Förderung dieses „Forschergeistes“ wurde die Abschlussarbeit identifiziert und die in den Ingenieurwissenschaften verbreitete Praxis, Themen für diese Arbeiten zu vergeben, kritisch diskutiert. Auch wenn

dies für alle Beteiligten auf den ersten Blick beachtenswerte Vorteile mit sich bringt, werden die Studierenden gerade nicht darin gefördert, sich das „bigger picture“ zu erarbeiten, die Zusammenhänge ihrer Arbeit zu erkennen, eigenständig Problembereiche zu erkennen und für die entwickelten Ideen zur Themenfindung und Prob-

lemlösung einzustehen. „Vorbereitung, Gelegenheit und Hingabe“[6] kennzeichnen kreative Forschende. Vorgegebene Themen abzuarbeiten erinnert hingegen eher an die „fleißigen Arbeitsbienen“. Was braucht die Gesellschaft, was brauchen die Unternehmen eher?

## Autorinnen und Autoren

**Dr. Tobias Haertel** | Vertretung der Universitäts-Professur Hochschuldidaktik und Hochschulforschung // Zentrum für Hochschulbildung zhb, TU Dortmund // tobias.haertel@tu-dortmund.de

**Claudius Terkowsky** | Leiter der Forschungsgruppe Ingenieurdidaktik // Zentrum für Hochschulbildung zhb, TU Dortmund // claudius.terkowsky@tu-dortmund.de

**Hanna Grams** | Studentische Mitarbeiterin // Zentrum für Hochschulbildung zhb, TU Dortmund // hanna.grams@tu-dortmund.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Bargstädt, Hans-Joachim (2002), Neue Impulse für praxisnahe Ingenieurausbildung. Bauhaus-Universität Weimar. Online verfügbar unter: <http://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/index/index/year/2005/docId/707>.
- [2] Becker, Frank-Stefan, (2007), Was heute von Ingenieuren verlangt wird. Markttrends, Erfahrungen von Berufsanfängern, Erwartungen von Personalverantwortlichen und Karrieremechanismen. Sonderdruck für den ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.
- [3] Brodbeck, Karl-Heinz (2010), Entscheidung zur Kreativität: Wege aus dem Labyrinth der Gewohnheiten. Darmstadt: Wissenschaftl. Buchgesellschaft, 4. Aufl.
- [4] Di Trocchio, Federico (2001), Newtons Koffer. Querdenker und ihre Wege in die Wissenschaft. Hamburg: Rowohlt

- [5] Frank, Andrea / Meyer-Guckel, Volker / Schneider, Christoph (2007), Innovationsfaktor Kooperation. Bericht des Stifterverbandes zur Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Hochschulen. Online verfügbar unter: [http://www.stifterverband.info/publikationen\\_und\\_podcasts/positionen\\_dokumentationen/innovationsfaktor\\_kooperation/innovationsfaktor\\_kooperation.pdf](http://www.stifterverband.info/publikationen_und_podcasts/positionen_dokumentationen/innovationsfaktor_kooperation/innovationsfaktor_kooperation.pdf).
- [6] Gaughan, Richard (2011), Genie aus Versehen. Hamburg: Moewig.
- [7] Haertel, Tobias / Jahnke, Isa (2011), Kreativitätsförderung in der Hochschullehre: ein 6-Stufen-Modell für alle Fächer?! In: Jahnke, Isa / Wildt, Johannes (eds.): Fachbezogene und fachübergreifende Hochschuldidaktik. Blickpunkt Hochschuldidaktik, Band 121, Bielefeld: W. Bertelsmann Verl., 135-146.
- [8] Haertel, Tobias / Jahnke, Isa (2011), Wie kommt die Kreativitätsförderung in die Hochschullehre? In: Zeitschrift für Hochschulentwicklung, Jg. 6, H. 3, 238-245.
- [9] Haertel, Tobias / Terkowsky, Claudius / Jahnke, Isa (2012), Where have all the inventors gone? Is there a lack of spirit of research in engineering education? In: 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning and 41st International Conference on Engineering Pedagogy in Villach, Proceedings, IAOE, Vienna. ISBN:978-1-4673-2426-7
- [10] Haertel, Tobias / Terkowsky, Claudius / May, Dominik / Pleul, Christian (2013), Entwicklung von Remote-Labs zum erfahrungsbasierten Lernen. In: Zeitschrift für Hochschulentwicklung ZfHE, Jg. 8H. 1, 79-87.
- [11] Haertel, Tobias / Terkowsky, Claudius (2012), Where have all the inventors gone? The lack of spirit of research in engineering education. In: Proceedings of the 2012 Conference on Modern Materials, Technics and Technologies in Mechanical Engineering. The Ministry of Higher and Secondary Specialized Education (MHSSE) of the Republic of Uzbekistan, Andijan Area, Andijan City, Uzbekistan, 507-512.
- [12] Haertel, Tobias / Weyer, Johannes (2005), Technikakzeptanz und Hochautomation. In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis. 14 (3), 61-67.
- [13] Haertel, Tobias (2010), Techniksteuerung durch Normung am Beispiel der Ergonomie von Speditionsoftware: Ergonormenorm oder Ergononienorm? Duisburg, Essen, Univ., Diss.
- [14] Holtgrewe, Heike (2008), Selbstbestimmtes Lernen. Studieninteressen und ihre Entwicklung während der Abschlussarbeit. Marburg: Tectum Verlag.

- [15] Jahnke, Isa / Haertel, Tobias / Mattick, Volker / Lettow, Karsten (2010), Was ist eine kreative Leistung Studierender? Mediengestützte kreativitätsförderliche Lehrbeispiele. In: Engbring, D., Keil, R., Magenheim, J. and Selke, H. (eds.): HDI2010 – Tagungsband der 4. Fachtagung zur »Hochschuldidaktik Informatik«. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 87-92.
- [16] Jahnke, Isa / Haertel, Tobias / Winkler, Michael (2011), Sechs Facetten der Kreativitätsförderung in der Lehre – empirische Erkenntnisse. In S. Nickel (eds.), Der Bologna-Prozess aus Sicht der Hochschulforschung, Analysen und Impulse für die Praxis, Gütersloh: CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung, Arbeitspapier Nr. 148, 138-152.
- [17] Jahnke, Isa / Haertel, Tobias (2010), Kreativitätsförderung in Hochschulen - ein Rahmenkonzept. In: Das Hochschulwesen, Jg. 58, H3, 88-96.
- [18] May, Dominik / Terkowsky, Claudius / Haertel, Tobias / Pleul, Christian (2012), Using E-Portfolios to support experiential learning and open the use of tele-operated laboratories for mobile devices. In: Auer, M.E. & García Zubía, J. (Eds.): REV2012 - Remote Engineering & Virtual Instrumentation, Bilbao, Spain, Conference Proceedings. IAOE, Vienna, 172-180.
- [19] Orloff, Michael A. (2006), Grundlagen der klassischen TRIZ: Ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure. Heidelberg: Springer, 3., neu bearb. u. erw. Aufl.
- [20] Rehn, Thorsten/ Brandt, Gesche/ Gregor, Fabian/ Briedis, Kolja (2011), Hochschulabschlüsse im Umbruch. Studium und Übergang von Absolventinnen und Absolventen reformierter und traditioneller Studiengänge des Jahrgangs 2009. Online verfügbar unter: [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201117.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201117.pdf).
- [21] Terkowsky, Claudius /May, Dominik / Haertel, Tobias / Pleul, Christian (2012), Experiential remote lab learning with E-Portfolios - Integrating tele-operated experiments into environments for reflective learning In: 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning and 41st International Conference on Engineering Pedagogy in Villach, Proceedings, IAOE, Vienna. ISBN:978-1-4673-2426-7
- [22] Terkowsky, Claudius / Haertel, Tobias (2012), Where have all the inventors gone? The neglected spirit of research in engineering education curricula. In: Proceedings of the 2012 Conference on Actual Problems of Development of Light Industry in Uzbekistan on the Basis of Innovations. The Ministry of Higher and Secondary Specialized Education (MHSSE) of the Republic of Uzbekistan and The Tashkent Institute of Textile and Light Industry (TITLI), Tashkent, Uzbekistan, 5-8.

- [23] Terkowsky, Claudius / May, Dominik / Haertel, Tobias / Pleul, Christian (2013), Experiential Learning with Remote Labs and E-Portfolios - Integrating tele-operated experiments into personal learning environments. In: International Journal of Online Engineering (iJOE). IAOE, Vienna, Vol 9, No 1 (2013), 12-20.
- [24] Vaske, Herman (2006), Die Invasion der Ideen. Dokumentation, D, zdf.

---

## **Studentische Mitgestaltung und Studierendenperspektive**

---

# OpenBologna – Wege in die Zukunft

## Einleitung

2012. Armageddon an der Uni. Das universitäre Lern-Chaos scheint perfekt. Eine beinahe sklavische Doktrin des Studienverlaufsplans zwingt Studierende förmlich in Massenveranstaltungen, verortet ihren studentischen Alltag in eine Welt des passiven Frontal-Unterrichts. Niemand traut sich, sich zu melden. Man sitzt nebeneinander, schwitzt, hält aus, in der Hitze des Hörsaals, und folgt dem Monolog des Dozenten. Alle sind gezwungen hier zu sein. Niemand darf gehen. Andere Möglichkeiten der Wissensbereitstellung gibt es nicht. Der Vorlesungssaal ist nicht einfach nur ein Ort, ein bestimm- und lokalisierbares Gebiet in einem Raum. Er ist der Ort der Wissensvermittlung. Und es gibt nur ihn. Außerhalb des Campus herrscht Leere, aber eben keine Lehre ...

Zugegeben, ein bisschen übertrieben ist unser Szenario schon. Aber die Situation der Studierenden in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen erscheint vielerorts durchaus schwierig. Viele fühlen sich in den überfüllten Vorlesungssälen überfordert und gehen in der großen, lethargischen Masse der Studierenden unter. Sie melden sich nicht, stellen keine Fragen, nehmen nicht aktiv Teil am Studium, an Lerngruppen oder Diskussionen. Sie vergessen sehr schnell die dargebotenen Lerninhalte und haben spätestens zum Semesterende Probleme, sich die Vorlesungen und Seminare erneut ins Gedächtnis zu rufen.

OpenBologna, als fester Bestandteil von TeachING-LernING.EU, dem Kompetenz- und Dienstleistungszentrum für das Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften, beschäftigt sich deshalb mit Fragestellungen, die die unmittelbare Situation der Studierenden optimieren. Als strategisches Instrument wird dem Aspekt der nachhaltigen Vermittlung von Lerninhalten besondere Bedeutung beigemessen.

Das nachfolgende Essay zeigt auf, inwieweit sich OpenBologna als Sprachrohr angehender Akademiker/innen und als Verbesserungsinstrument der Lehr- und Lernsituationen in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen versteht. Studierende werden aktiv in die Weiterentwicklung ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge und die Qualitätssicherung im Zuge des Bologna-Prozesses eingebunden. Dies geschieht zum einen über Ideenwettbewerbe und zum anderen über Workshops mit ausgewählten Studierenden, die sich in besonderer Weise für die Lehre engagieren – sogenannten Lead Students. Im folgenden Kapitel wird das erste Instrument, der Ideenwettbewerb, vorgestellt, bevor im Weiteren auf den Lead Student Workshop eingegangen wird.

## 1. Ideenwettbewerb

Die Situation an Universitäten kann nicht nur durch Dozierende und Professor/inn/en verbessert werden. Oft wissen die Studierenden selbst am besten, mit welchen Medien sie gut arbeiten können und welche Art von Wissensvermittlung sie am meisten motiviert.



Abbildung 1: Gewinner der Ideenwettbewerbe 2012

Der Ideenwettbewerb ist für unser Team, das zu einem Großteil aus Studierenden besteht, ein Instrument, um bundesweit junge Ingenieure/innen hinsichtlich ihrer Meinung zu der derzeitigen Studiensituation zu befragen. Ihre unterschiedlichen Meinungsbilder, Erfahrungsberichte und Optimierungsvorschläge sind für uns ein beständiger Motor für die nachhaltige Verbesserung der universitären Lehr- und Lernsituation der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge. Die Themen der Wettbewerbe sind hierbei immer andere. Jedes Semester werden neue, aktuelle Fragen eruiert. Wer sofort eine gute Idee hat, kann sie per E-Mail einsenden oder sich zunächst mit anderen Studierenden auf den Social-Media-Auftritten von Teaching-Learning.EU bei Facebook, studivZ, etc. über sein Projekt unterhalten. Wichtig hierbei ist, dass die eingereichten Ideen einen direkten Bezug zu den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen haben, denn nur so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Ideen auch tatsächlich an den Universitäten umgesetzt werden. Die Studierenden geben Impulse und die Universitäten setzen diese um. So „wäscht eine Hand die andere“.

Im Rahmen des Ideenwettbewerbs im Sommersemester 2012 konnten die Studierenden zu folgenden Fragen ihre Ideen einreichen: „Wie würdest Du effektives Lernen mit neuen technischen Mitteln kombinieren? Du bist mobil und Deine Lernwelt reicht über den Campus hinaus? Dann schick uns Deine Ideen zur Verbesserung der Lehre“.

Auf diese Frage wurden gänzlich unterschiedliche Antworten eingereicht. Zum einen sollten Vorlesungen als Video aufgezeichnet und den Studierenden dauerhaft zur Verfügung gestellt werden. Eine Rekapitulation der intendierten Lerninhalte könnte so viel besser garantiert werden. Durch die Idee „Videoaufzeichnungen via iTunes“ würde es den angehenden Akademiker/innen möglich sein, die Vorlesungsinhalte auch nachträglich noch einmal aufzufrischen oder im Krankheitsfall von zu Hause aus zu verfolgen. Einen ganz anderen Fokus hat die Idee, ein Profil in einer Online-Community zu erstellen. Das Ziel dieser Idee ist die Gestaltung einer Plattform, die es Studierenden ermöglicht, Vorlesungsinhalte gemeinsam aufzuarbeiten, untereinander zu diskutieren und Lerntreffen zu terminieren. Weitere Möglichkeiten dieses Online-Campus sind, dass Studierende untereinander, aber auch mit Dozierenden in Verbindung treten, Newsfeeds einrichten und E-Tests absolvieren können. Die Idee „Campusbag“ fördert damit einerseits die Kommunikation der Studierenden untereinander und andererseits die Nachhaltigkeit des behandelten Wissens. Eine weitere Idee mit der Bezeichnung „Learn 2 gather“ schlägt vor, dass die Studierenden sich mehr gemeinsam und weniger isoliert mit den geforderten Lerninhalten auseinandersetzen sollten. Über eine GPS-erstellte Übersicht der Studierenden in diversen Lernräumen kann der oder die Studierende sehen, wer in welchem Raum das gleiche Thema bearbeitet und sich daraufhin mit anderen Studierenden zu einer

Lerngruppe zusammenschließen. Als Instrument der Vernetzung und des Austauschs der Studierenden untereinander dient das Konzept „Learn 2 gather“ als eine Maßnahme gegen die anonymisierte Studiensituation innerhalb der Lernräume. Fasst man die Ideen zusammen, so zeigt sich deutlich, dass sich die anwendungsbezogenen Konzepte sehr gut zur Implementierung in den Lehr- und Lernalltag der Studierenden eignen.

Neben den bundesweiten Ideenwettbewerben der Studierenden zu aktuellen Themen widmete sich das Team von OpenBologna auch den Interessen, Problemen und Verbesserungsvorschlägen der Studierenden vor Ort. Das Instrument, um auch lokal die Bedürfnisse und Ideen der Studierenden zu erfassen ist der Lead Student Workshop.

## 2. Lead Student Workshop

Der Lead Student Workshop ist ein weiterer wichtiger Bestandteil von OpenBologna, da er, ähnlich wie der Ideenwettbewerb, diejenigen Personen einbezieht, die die Lehre in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen am ehesten erleben: die Studierenden. Er findet als zweites strategisches Instrument regelmäßig in Aachen statt und richtet sich an angehende Akademiker/innen, die sich für eine Verbesserung der Lehre in den Ingenieurwissenschaften einsetzen. Anders als der Ideenwettbewerb kommen nicht nur die Ideen, sondern auch die Ideengeber zu uns: die Lead Students. Die hochmotivierten Studierenden werden nach Aachen eingeladen, um gemeinsam Ideen zu entwickeln, die dann bundesweit Anwendung finden können.

Wir sehen die Studierenden hierbei als Experten an, da sie uns einen Einblick in ihre persönliche Lehr- und Lernsituation sowie die ihrer Hochschule geben. Ihre

Erfahrungen im Studienalltag ermöglichen uns eine vielschichtige, sehr spannende Sichtweise auf bundesweite Studienorte.

Thema des letzten Lead Student Workshops war die Frage nach der Einbindung virtueller Lernwelten in die Hochschullehre. Hierbei half uns das Virtual Theatre des Institutsclusters des IMA/ZLW & IfU<sup>1</sup>, da es den jungen Studierenden einen direkten und oftmals ersten Zugang zu virtuellen Welten und damit zu unserem Thema ermöglichte. Das Virtual Theatre erlaubt es einem Benutzer anhand von drei Komponenten, einem „Head Mounted Display“ für eine nahtlose 3D-Sicht, einem omnidirektionalen Laufband für die freie Bewegung in der virtuellen Landschaft und einem Datenhandschuh, der Handgesten in die virtuelle Umgebung überträgt, virtuelle Szenarien wie z. B. die Oberfläche einer Marslandschaft zu erkunden.

Aufgrund dieser Potenziale wurde der diesjährige Lead Student Workshop unter Einbeziehung des Virtual Theatres abgehalten. Hierfür war es uns wichtig, mit Studierenden aus unterschiedlichen Fachbereichen der Ingenieur- und Geisteswissenschaften zu arbeiten, da wir uns durch die Kombination verschiedener Studienrichtungen ein möglichst breites Feld an Ideen und Vorschlägen zur Implementierung virtueller Lernwelten in die universitäre Lehre erhofften. Die Studierenden erhielten zunächst die Möglichkeit, das Virtual Theatre zu testen, um eigene Erfahrungen mit virtuellen Welten zu gewinnen.

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA), Zentrum für Lern- und Wissensmanagement (ZLW), An-Institut für Unternehmenskybernetik e.V. (IfU) an der RWTH Aachen

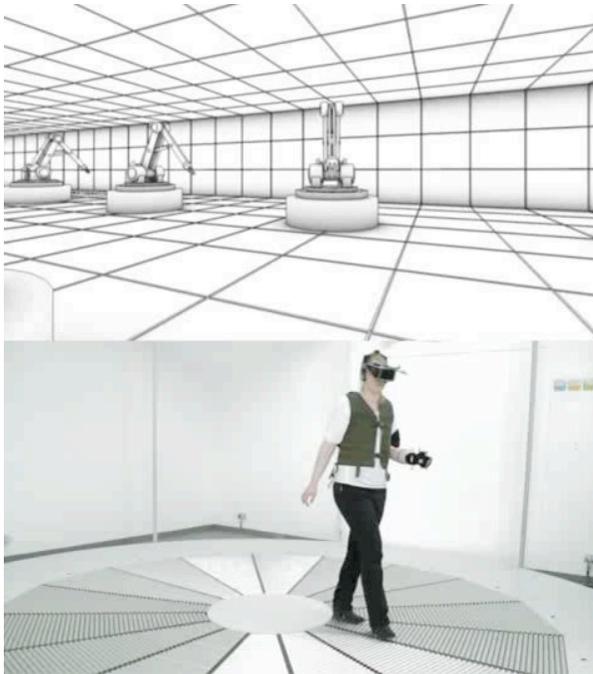


Abbildung 2: Das Virtual Theatre mit Nutzerin und (vereinfachter) virtueller Umgebung

Sie wurden danach in Kleingruppen aufgeteilt und gebeten, uns ihre Sichtweise auf mögliche Anwendungsfelder in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zu geben. Im Laufe des Workshops durchliefen die Studierenden zwei Phasen. Zunächst eine Fantasiephase, in der gefragt wurde „Welche Szenarien kannst du dir im Virtual Theatre vorstellen?“. Die Ergebnisse wurden ausgearbeitet und gegenseitig präsentiert. In einer zweiten Phase, der sogenannten Realisierungsphase, sollten sich die Studierenden bewusst mit den erstellten Szenarien auseinandersetzen und sich kreativ über die Umsetzung Gedanken machen. Dabei sollten gerade Schwierigkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Problematisch

erschien es z. B., Gegenstände haptisch zu erleben oder sich fließend im Raum zu bewegen. Greifen, fühlen, tasten, laufen - ganz banale Alltagssituationen - wirken in virtuellen Welten völlig anders und müssen erst erlernt werden, bevor sie reibungslos, auch in anderen Realitäten, funktionieren.

Nach Abschluss der beiden Phasen überlegten sich die Studierenden einerseits Szenarien, wie z. B. das Durchlaufen einer Produktionskette aus Sicht eines Produkts oder andererseits die Herstellung und Handhabung virtueller Maschinen mit Hilfe des Datenhandschuhs. Sie überlegten auch, welche Kooperationspartner durch das Virtual Theatre in die Lehre mit einbezogen werden könnten. Die Studierenden argumentierten, dass hier starke Partner wie z. B. Autohersteller im Maschinenbau oder Spielehersteller in der Informatik am besten geeignet seien. Diese könnten den Studierenden durch die Einbettung bestimmter Szenarien in die Lehre Produktionsabläufe und Anwendungsbereiche der Ingenieurwissenschaften nachhaltig verdeutlichen. Angehende Studierende des Maschinenbaus könnten so z. B. virtuell erleben, wie ein Motor funktioniert, wie er zündet, wie er taktet, wie er Schwung in die Lehre bringt.



Abbildung 3: Der Lead Student Workshop 2012

Das Konzept des Workshops, zusammen mit Studierenden aus unterschiedlichen Fachrichtungen gemeinsam Lösungen zu finden und die Situation in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zu verbessern, ist bei den Studierenden insgesamt sehr positiv angenommen worden. Hervorzuheben ist, dass die Nutzung des Virtual Theatres den Studierenden beim unmittelbaren Einstieg in das komplexe Thema virtueller Lernwelten sehr geholfen hat. Die theoretischen Vorstellungen virtueller Welten von Seiten der Studierenden konnten so in der Praxis ergänzt und vervollständigt werden. Theorie und Praxis miteinander zu verbinden, unterschiedliche Fachrichtungen zu befragen, zuzuhören sowie mit- und voneinander zu lernen - das hat den Lead Student Workshop 2012 ausgezeichnet.

### 3. Ausblick

2013 gehen wir noch einen Schritt weiter. Wir beschreiben zusammen mit den Studierenden neue Welten, in denen wir noch mehr über den eigenen Tellerrand hin-

ausschauen wollen. Wir von OpenBologna arbeiten aktiv an einer offenen Gestaltung der Zukunft und bleiben am Ball. 2013 wird alles anders, wenn auch Bewährtes bleibt. Wir stellen Fragen und wir hören zu. Aber unsere Projekte werden umstrukturiert. Der Ideen-Wettbewerb wird zum Kreativ-Wettbewerb und umfasst neben den Ideen der Studierenden aus den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen auch die Meinungen, Vorschläge und Konzepte anderer Fachrichtungen. Architekten/innen und Informatiker/innen gestalteten zusammen Lernräume, Grafik- und Produktdesigner/innen entwerfen Virtual Theatre-Szenarien für Maschinenbauer/innen, Bauingenieure/innen testen ihre Entwürfe im virtuellen Windkanal. Ziel ist es, durch die gemeinsame Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachstudiengänge noch bessere Ergebnisse für die Organisation und Umsetzung der Lehr- und Lernsituation in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zu erarbeiten. Wir freuen uns auf jeden Fall auf ein spannendes Jahr 2013.

### Autorinnen und Autoren

**Peer Schlieperskötter** | Wissenschaftliche Hilfskraft // IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // peer.schlieperskoetter@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Johanna Maurer** | Studentische Hilfskraft // IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // johanna.maurer@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Dr. phil. Ursula Bach** | Forschungsgruppenleiterin // IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // ursula.bach@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Dr. rer. nat. René Vossen** | Geschäftsführer ZLW // IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // rene.vossen@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke** | Direktorin // IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // sabina.jeschke@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

---

# Kompetenzerwerb im ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studiengang verglichen mit beruflichen Anforderungen

## Einleitung

In diesem Beitrag wird die Kompetenzorientierung in Bezug auf die Berufsbefähigung in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiengang aus studentischer Perspektive betrachtet. Die hier dargestellten Ergebnisse aus dem BMBF-Projekt USuS – Untersuchung zu Studienverläufen und Studienerfolg werden den Anforderungen der Arbeitgeberseite für Ingenieure und Ingenieurinnen gegenübergestellt. Im Vergleich zeigt sich, dass der Erwerb von Fachkompetenzen im Studium den Anforderungen des Arbeitsmarktes gerecht wird, während fachübergreifende Kompetenzen häufig nicht ausreichend gefordert und ausgebildet werden. Die Skizzierung möglicher Gründe für einen mangelnden Handlungskompetenzerwerb im Studium und deren Lösungsansätze runden den Beitrag ab.

## 1. Berufsbefähigung im Studium – Was bedeutet das?

Die Bachelorstudiengänge müssen, so die Bologna-Richtlinien, zur Berufsbefähigung (Employability) führen [1]. Aufgrund sich wandelnder Arbeitsmärkte treten als Kriterien für die Berufsbefähigung zu dem schon seit jeher benötigten Fachwissen weitere Kompetenzfelder, die in bestimmten Ausprägungen von den Studienabgängern und -abgängerinnen erwartet

werden, hinzu. Doch was bedeutet das konkret? Hinter dem Begriff der Berufsbefähigung steckt die Logik, dass fachliches Wissen und Können in modernen Arbeitszusammenhängen erst dann Anwendung findet, wenn der Arbeitsprozess selbständig (mit-)gestaltet wird. Zur Gestaltung eines Arbeitsprozesses wiederum gehört es, Methoden zur Prozessplanung (z. B. Projektmanagement) anwenden zu können. Soziale Kompetenzen ermöglichen z. B. das Arbeiten im Team oder die Übernahme einer Leitungsaufgabe. Selbstkompetenz bedeutet z. B. sich für eine bevorstehende Arbeitsaufgabe motivieren zu können [2] [3]. Absolventen und Absolventinnen mit dem Bachelorabschluss sollen diese Fähigkeiten ausgebildet haben, sodass sie auf dem Arbeitsmarkt direkt einsetzbar sind.

Die zu erwerbenden Handlungskompetenzen werden in vier Kompetenzfelder differenziert: Fach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen [4] [5]. Unter die Kategorie Fachkompetenzen fallen berufsspezifische Fachkenntnisse wie mathematische- und elektronische Datenverarbeitungs- (EDV) Kenntnisse aber auch Allgemeinwissen, muttersprachliche und Fremdsprachenkenntnisse, sowie wirtschaftliche und juristische Kenntnisse. Als Methodenkompetenzen werden z. B. Zeit- und Selbstmanagement, Lern- und Arbeitstechniken (z. B. Recherchemethoden), vernetztes Denken, Analyse- und Transferfähigkeit, Problemlösefähig-

keit und Projektmanagement verstanden. Selbstkompetenzen beinhalten Fähigkeiten der Selbstmotivation und -reflexion, Lern- und Leistungsbereitschaft, Konzentrationsfähigkeit, Selbstständigkeit, Zuverlässigkeit, Flexibilität, Mobilität, Belastbarkeit. Sozialkompetenzen beinhalten kommunikative Kompetenzen, Präsentations- und Moderationstechniken, Kooperations- und Kompromissfähigkeit, Teamfähigkeit, Kritik- und Konfliktfähigkeit sowie interkulturelle Kompetenz [4]. Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen werden zusammengefasst im Folgenden als überfachliche Kompetenzen bezeichnet. Je nach Berufsfeld sind neben dem fachlichen Wissen die oben genannten überfachlichen Kompetenzen mehr oder weniger notwendig für eine kompetente Berufsausübung. Erst wenn fachliches Wissen und Können in Verbindung mit überfachlichen Kompetenzen in konkreten Handlungen angemessen angewandt werden kann, spricht man von Handlungskompetenz [6]. In diesem Sinne ist Handlungskompetenz zu verstehen als Berufsbefähigung.

Wir beschäftigen uns im Weiteren mit der Frage, ob sich die politischen und arbeitsweltlichen Forderungen nach Handlungskompetenzerwerb in dem von uns untersuchten Studiengang widerspiegeln. Die Ergebnisse aus der USuS Untersuchung<sup>1</sup> sind deshalb so aufschlussreich, weil sie direkt bei den Studierenden ansetzen und dadurch gezielte Rückschlüsse auf die Wahrnehmung von Kompetenzerwerb im Studium ermöglichen.

---

1 USuS – Untersuchung zur Studienverläufen und Studienerfolg. Das BMBF-Gesamtprojekt wurde geleitet von Prof. Dr. Margret Bülow-Schramm und Prof. Dr. Marianne Merkt, Universität Hamburg. Laufzeit: Sept. 2008 – Juni 2012. <http://www.zhw.uni-hamburg.de/usus/index.php>

## 2. Das USuS-Projekt – Inhalte und Ziele

Wir beziehen uns auf Forschungsergebnisse aus dem BMBF-Projekt „USuS – Untersuchung zu Studienverläufen und Studienerfolg“, die auf die Kompetenzentwicklung der Studierenden fokussieren. Mit dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbund-Projekt wurde das Ziel verfolgt, Wege zu finden, Studiengänge studierbarer zu machen. Im USuS-Projekt, an dem sich vier Hochschulen (Universität Hamburg, TU Dortmund, Hochschule Emden/Leer, Hochschule München) beteiligten, wurden Faktoren untersucht, die Studienverläufe günstig oder ungünstig beeinflussen und zum Studienerfolg oder Studienabbruch beitragen können.

Ausgangspunkt für das empirische Forschungsprojekt waren unter anderem die Vorgaben der Bologna-Erklärung zur Flexibilisierung von Studienstrukturen und Studieninhalten, also auch der Einführung studienzentrierter Lehr-Lernangebote.

Die grundlegenden Forschungsfragen, die im USuS-Projekt gestellt wurden, waren:

- Welche Faktoren begünstigen den Studienerfolg, welche Faktoren beeinflussen den Studienabbruch?
- Welche Bezüge gibt es zwischen den Bologna-Vorgaben und dem Kompetenzprofil der Studiengänge?
- Wie bewerten die Studierenden (subjektiv) ihren Studienverlauf, ihre Studienmotivation und ihren Kompetenzerwerb?
- Welche Zusammenhänge gibt es zwischen praktizierten Lehrkonzepten und Studienerfolg?

Dem Projekt lag ein verschränktes Forschungsdesign zugrunde. Es verband die Analyse der Studiengänge mit praktischen Maßnahmen zur Weiterentwicklung. Das Forschungsdesign setzt sich zusammen aus:

- quantitativen Online-Befragungen der Studierenden (jeweils zu Beginn des 1./3. und 5. Semesters) über drei Jahre, im Zeitraum Wintersemester 2009/10 bis 2011/12.
- qualitativen Interviews mit einer Stichprobe des Panels (Studienanfänger/innen Wintersemester 2009/10),
- leitfadengestützten Expert/innengesprächen mit Studiengangakteuren und -akteurinnen,
- hochschuldidaktischen Interventionen zwischen den Erhebungszeitpunkten und
- der Evaluation von eingesetzten hochschuldidaktischen Weiterentwicklungsmaßnahmen.

Daraus ergaben sich Anregungen zur Studienganggestaltung. Die in diesem Beitrag dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf ein USuS-Teilprojekt, in dem der Studiengang B.Sc. Maschinenbau an der TU Dortmund untersucht wurde.

Fokussiert wird auf Ergebnisse der quantitativen Online-Befragung aus dem Wintersemester 2009/10. Die Befragung richtete sich an die eingeschriebenen 691 Studierenden des Maschinenbaustudiengangs. 300 Studierende beteiligten sich an der Befragung. Damit liegt die Rücklaufquote bei 43,4%. An dem hier betrachteten Bereich ‚Kompetenzerwerb im Studium‘ wurden die Studierenden der 3. und 5. Semester beteiligt. Hier wird gefragt, inwiefern sich die Bologna-Vorgaben in Bezug auf die Kompetenzentwicklung in dem untersuchten Studiengang aus studentischer Sicht niederschlagen.

## 2.1 Ergebnisse aus der USuS-Umfrage – Erwerb von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen

Die Abfrage wurde anhand festgelegter Items zum Kompetenzerwerb bzw. zu den Kompetenzanforderungen im Studium durchgeführt, um die Einschätzung verschiedener Kompetenzfelder zu eruieren. Diese Abfrage wurde von 108 Studierenden beantwortet (siehe Abb. 1). Betrachten wir die Selbsteinschätzung der Studierenden in Bezug auf ihre im Studium erworbenen Kompetenzen im Vergleich zur ihrer Einschätzung der im Studium geforderten Kompetenzen, entsteht ein Bild des studentischen Kompetenzerwerbs (als Selbsteinschätzung) im Studium (siehe Abbildungen 1 und 2).

Laut Einschätzung der Studierenden werden im Studium vor allem Fachkompetenzen und fachbezogene Methodenkompetenzen in hohem Maße gefordert: Den Erwerb von Faktenwissen sehen knapp 80% als in hohem Maße gefordert an. Auch die Auseinandersetzung mit theoretischen Fragen und Systemen (67%), logischem und methodischem Denken (86%) und eine systematische Beschaffung und Nutzung von Informationen und Material (67%) gehören zu den starken Anforderungen des Studiengangs B.Sc. Maschinenbau. Zu beachten ist, dass bei allen diesen Items die Einschätzung der eigenen Umsetzung der Kompetenzanforderungen hinter den wahrgenommenen Anforderungen zurückbleibt. Zum Beispiel sehen 56% das „Finden eigener Lösungswege“ als im hohen Maße durch das Studium gefordert an. Die Umsetzung gelingt nach eigener Einschätzung aber nur 35% in dem geforderten Maße. 80% sehen den Erwerb von Faktenwissen als in hohem Maße gefordert an.

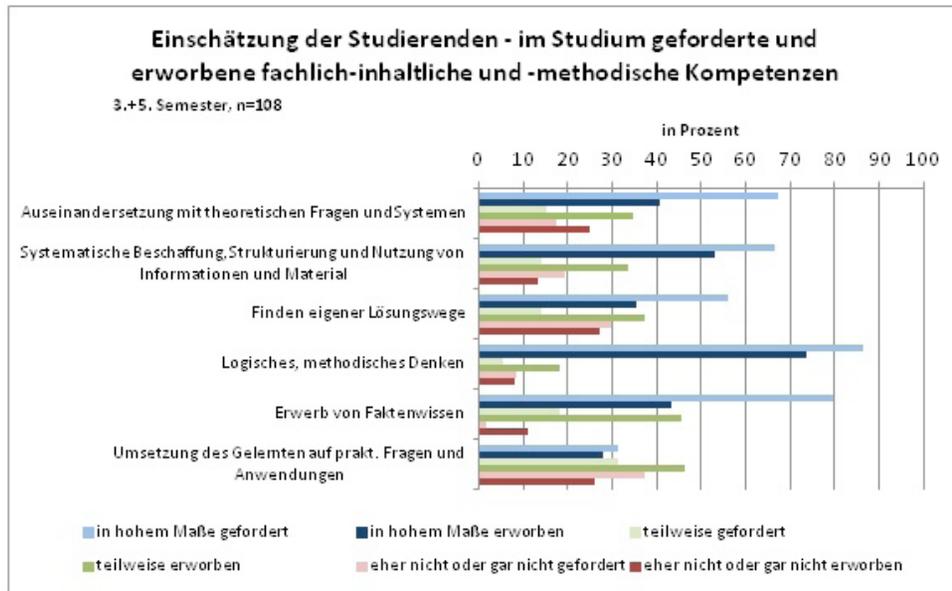


Abb. 1: Einschätzung zum fachlich-inhaltlichen und methodischen Kompetenzerwerb, USuS Erhebung Wintersemester 2009/10

Die Forderung umgesetzt zu haben, sprich das geforderte Faktenwissen auch erworben zu haben, meint allerdings mit 43% nur knapp die Hälfte der Befragten. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Studierenden auf der Ebene des Fachkompetenzerwerbs häufig Schwierigkeiten haben, den Ansprüchen und Forderungen des Studiums zu entsprechen.

Bei den überfachlichen Kompetenzen wendet sich die Wahrnehmung. Wenig gefordert werden im Studium, aus studentischer Sicht, Sozial-, Selbst- und überfachliche Methodenkompetenzen: Als kaum oder gar nicht gefordert sehen die meisten Studierenden die selbständige Anwendung von Forschungsmethoden (62%), Konfliktlösefähigkeiten (78%), schlüssiges (53%) und

überzeugendes (63%) Argumentieren oder die Wahrnehmung von Mitsprache- und Mitgestaltungsrechten (78%). Auch eine Verantwortungsübernahme gegenüber der Gesellschaft (75%) und ein Verständnis für andere Kulturen (93%) werden im Studium kaum gefordert. An einigen Stellen werden allerdings überfachliche Kompetenzen erworben, obwohl sie im Studienverlauf nicht gefordert werden. Vor allem ist in diesem Zusammenhang auf die Bearbeitung und Lösung von Aufgaben gemeinsam mit anderen hinzuweisen. Die Zusammenarbeit mit anderen (Teamarbeit) sehen „nur“ 28% der Studierenden als in hohem Maße gefordert an, allerdings sehen diese Arbeitsform 48% bei sich in hohem Maße umgesetzt.

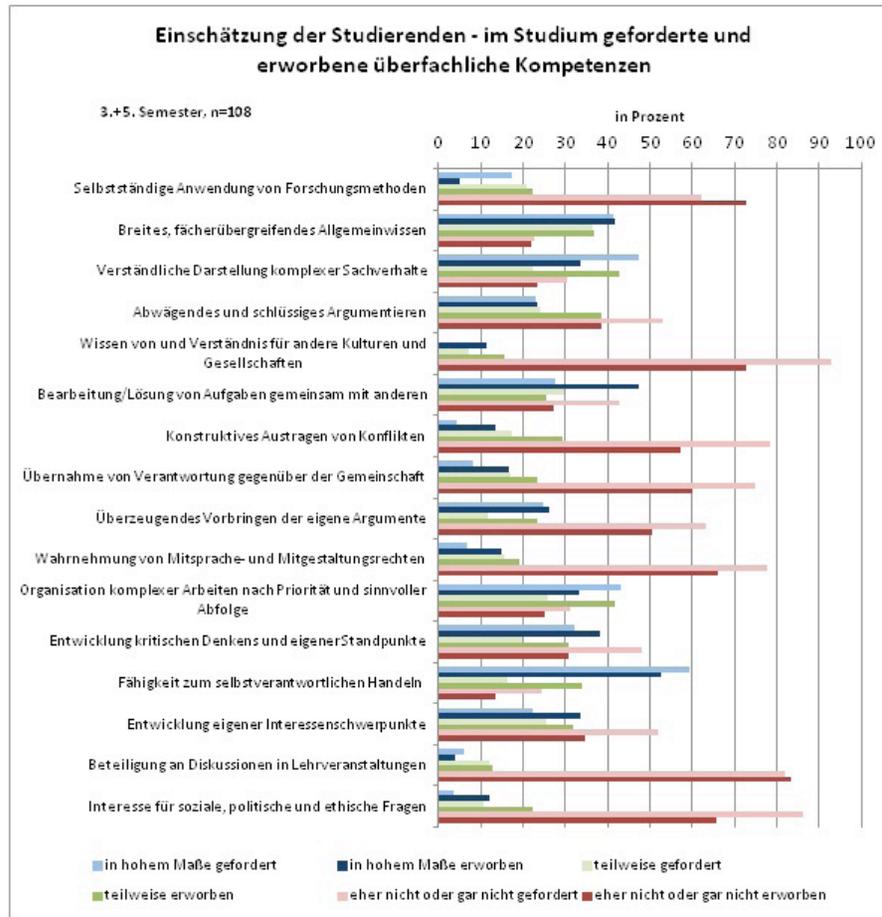


Abb. 2: Einschätzung zum Erwerb überfachliche Kompetenzen, USuS Erhebung WS 2009/10

## 2.2 Schlussfolgerungen

Es fällt auf, dass im Studienverlauf wenige Handlungskompetenzen gefordert sind, die mit einer aktiven Auseinandersetzung mit Lerninhalten im Lehrveranstaltungsrahmen in Verbindung stehen. Das überzeugende

Vorbringen der eigenen Argumente sehen 63% als nicht gefordert und 50% als auch nicht umgesetzt. Die Wahrnehmung von Mitsprache- und Mitgestaltungsrechten sehen 78% als nicht gefordert und 66% als bei sich selbst nicht umgesetzt. Aus studentischer Sicht wird in den Lehrveranstaltungen wenig zum selbstständigen Arbei-

ten und Denken angeregt. Der eindeutige Fokus liegt auf dem Erwerb von Faktenwissen, welches im Lehrveranstaltungs-kontext keine direkte praktische Anwendung bzw. Verknüpfung findet.

Die USuS-Befunde weisen damit ähnliche Ergebnisse auf wie Studien zu ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen aus den 1990er Jahren. Hier konstatieren z. B. Engler [7] sowie Bargel und Ramm [8], dass die Fachkultur dieser Studiengänge geprägt ist von den Anforderungen bzw. Werthaltungen, ein großes Faktenwissen zu erwerben, einer geringen Kommunikation zwischen Studierenden und Lehrenden, einer geringen aktiven Studierendenbeteiligung in den Lehrveranstaltungen, einer geringen Entwicklung von eigenen Interessenschwerpunkten innerhalb des Studienfaches sowie wenig Interesse an sozialen und politischen Fragen und wenigen fachübergreifenden Kenntnissen bei den Studierenden.

Schauen wir nun auf die Anforderungen und Erwartungen von Arbeitgeberinnen und Arbeitgebern an die Berufsfähigkeit von Jung-Arbeitnehmerinnen und -nehmern. Was wird von heutigen Studienabsolventen und -absolventinnen eines ingenieurwissenschaftlichen Studiengangs erwartet, welche Kompetenzen sollen sie in die Berufswelt – idealerweise – mitbringen?

### **3. Worauf achten Arbeitgeber/innen bei der Einstellung?**

Laut einer Umfrage des Deutschen Industrie und Handelskammertags (DIHK) von 2004 [9] sind die drei wichtigsten Gründe für ein Scheitern von Hochschulabsolventen und -absolventinnen in der Probezeit nach einer Neueinstellung 1. Unfähigkeit, theoretische Kenntnisse in der Unternehmenspraxis umzusetzen (29%)

(Transferleistungen), 2. Selbstüberschätzung (26%) und 3. mangelndes Sozialverhalten/Integrationsunfähigkeit (25%). Eine nicht ausreichende fachliche Qualifikation ist nur bei 13% der Grund einer Entlassung in der Probezeit. Dies weist auf die wachsende Bedeutung überfachlicher Kompetenzen neben den fachlichen Kenntnissen und Fertigkeiten als Faktoren für „Employability“ hin. Überfachliche Kompetenzen gewinnen deshalb auch in Bewerbungsverfahren an Stellenwert. Sie werden allerdings nicht zwangsläufig im Studium mit erworben. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) hat in diesem Kontext eine Studie durchführen lassen und Leitlinien zur Verbesserung der universitären Lehre herausgegeben [10], um die Studienqualität und damit den Erwerb von Handlungskompetenzen zu erhöhen. Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft und Industrie verweisen auf die Notwendigkeit von Praktika und Projekten, in denen das Fachwissen direkte und praktische Anwendung findet. Damit entspricht die Sichtweise der Arbeitgeberseite den Bemühungen der Bologna-Reform in Bezug auf den Erwerb von Employability im Studium.

Die folgende Grafik zeigt die Faktoren der Berufsbefähigung, die für Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen als wichtig bei der Einstellung von Arbeitnehmern und Arbeitnehmerinnen erachtet werden und verdeutlicht den Stellenwert der überfachlichen Qualifikationen.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Die Begriffe, die Industrievertreter/innen und Bildungsforscher und -forscherinnen zur Kategorisierung der Kompetenzfelder nutzen, differieren. Die Bildungsforschung spricht von Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen [11], die zusammen zu Handlungskompetenz führen. Die Industrie spricht von persönlicher Haltung, differenziert überfachliche- und nebenfachliche Kompetenzen sowie Fachkompetenzen, die zu Berufsbefähigung führen [12] [13]. Inhaltlich sind die Forderungen, trotz unterschiedlicher Kategorisierung, weitestgehend gleich.

So stellen die fachlichen Kompetenzen lediglich einen von vier Bereichen dar. Für die Arbeitgeberseite sind neben- und überfachliche Kompetenzen, aber auch die persönliche Haltung der potenziellen Arbeitnehmer und -nehmerinnen, relevant. Zu diesen Kompetenzen und persönlichen Haltungen sollen die Absolventen und Absolventinnen über Auslandserfahrungen und praktische Erfahrungen in Betrieben verfügen. Zwar ist der Stellenwert bestimmter Kompetenzen immer abhängig vom jeweiligen Arbeitsfeld im Betrieb, dennoch lassen sich die in Betrieben generell von Arbeitgeber/inne/n gewünschten Kompetenzen recht klar benennen [12],[13].



Abb. 3: Employability definiert von Arbeitgeberseite (angelehnt an Dr. Heide Brito, Chemetall; Dr. Erwin Metzmann, Diasys Holzheim [12],[13])

## 4. Schlussfolgerungen aus dem Vergleich der USuS-Ergebnisse mit den Arbeitsmarkt-anforderungen

Vergleicht man die Studienergebnisse und die Anforderungen des Arbeitsmarktes, so ist zu sehen, dass die Schwerpunktsetzung des untersuchten Studiengangs

auf fachliche Kompetenzen den Ansprüchen der Arbeitgeber/innen durchaus entspricht. Den neben- und überfachlichen Kompetenzbereichen wird aus Sicht der Studierenden im Studium demgegenüber wesentlich weniger Gewicht beigemessen. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Ergebnisse der Studierendenbefragung von USuS nicht ein Beleg dafür sind, dass in dem Studiengang die fachübergreifenden Schlüsselkompetenzen zu wenig Berücksichtigung finden und somit eine Handlungskompetenz im Sinne der Employability nur unzureichend ausgebildet werden kann. Zum Beispiel wird von Arbeitnehmern und Arbeitnehmerinnen aus Industrie und Wirtschaft eine relativ große Kompetenz im kommunikativen Sektor gewünscht, was bedeutet, im Team arbeiten zu können, sich selbst oder/und ein Produkt adäquat darstellen zu können oder über Fremdsprachenkenntnisse zu verfügen. Im Studienverlauf, zumindest bis zum Beginn des 5. Semesters, scheint es – aus Sicht der Studierenden – nur äußerst begrenzte Möglichkeiten oder auch Erfordernisse zum Erproben bzw. Erlernen dieser Kompetenzen zu geben. Ebenso sind die Studierenden der Meinung, im Studium kaum zum kritischen Denken oder einer kritischen und aktiven Auseinandersetzung mit Material, Theorien oder Personen angehalten zu werden. Dies stellt aber die Grundlage zum Erwerb von Handlungskompetenz dar. Eigeninitiative, Durchsetzungsvermögen und Flexibilität sind in der Arbeitswelt unerlässlich.

Das bedeutet, dass die von Bologna angeregten Veränderungen in der Lehr-Lernlandschaft der Hochschulen zumindest in dem von uns untersuchten Fall noch nicht ausreichend geschaffen wurden. Es klafft weiterhin eine Lücke zwischen Kompetenzanforderungen von Arbeitgeber/innenseite und Möglichkeiten zum Kompetenzerwerb in der Hochschule.

## 4.1 Versuch einer Ursachenbegründung

Über die Notwendigkeit überfachliche Schlüsselkompetenzen bereits im Studium zu erwerben, wurde viel publiziert [14],[15],[16],[17]. Aus einer Metaperspektive betrachtet ist der Erwerb von überfachlichen Kompetenzen in der Ingenieurausbildung schlüssig und essentiell, um in der postmodernen Arbeitswelt bestehen zu können. Der allgemeine Diskurs scheint sich jedoch zumeist auf der politischen Ebene der Bildungs- und Hochschulforschung – und abgelöst vom universitären Lehralltag – zu bewegen. Die Möglichkeit, berufsrelevante Schlüsselkompetenzen zu erwerben, hängt aber immer von den direkten Lernumgebungen und dem Fach ab, in dem die Studierenden sich bewegen und ist demnach eng mit strukturellen Bedingungen an der Hochschule, der Art der Lehrveranstaltung und den Lehrpersonen verknüpft. Studierende werden nur dann überfachliche Kompetenzen erwerben, wenn die Lehrveranstaltungen so konzipiert sind, dass sie den Erwerb dieser Kompetenzen unterstützen.

In der USuS-Untersuchung wurden Studierende nach ihrem subjektiven Kompetenzerwerb im Studium gefragt. Um den Fokus beizubehalten, betrachten wir auch in der Ursachensuche für mangelnden Handlungskompetenzerwerb zunächst die Lehrveranstaltungsebene. Woran kann es liegen, dass Lehrveranstaltungen, zumindest bis zum Beginn des 5. Semesters, oftmals nicht so konzipiert sind, dass die Studierenden den Erwerb von berufsrelevanten überfachlichen Kompetenzen wahrnehmen? Die folgende Ursachendarstellung ist ent-

standen auf der Grundlage der Expert/innengespräche<sup>3</sup> mit Lehrenden und anderen Studiengangakteuren und -akteurinnen, die im Zuge der USuS-Untersuchung gewonnen wurden.

Ein Hauptgrund für noch unzureichende Veränderungen hin zu studierendenzentrierten Lehr-Lernformaten, in denen der Erwerb von überfachlichen Kompetenzen ermöglicht wird, liegt nach Ansicht vieler Lehrpersonen im geringen Stellenwert der Lehre im Vergleich zur Forschung. Lehrende erfahren durch gute Lehre wenig Anerkennung und Reputation, für Forschung dagegen viel. Lehrveränderungen im Sinne von studierendenorientierten Lehrangeboten, wie Projektarbeit oder Anteilen forschenden Lernens in Veranstaltungen bedeuten aus Lehrendenperspektive zudem zunächst immer einen höheren Zeitaufwand durch Entwicklung, Ausarbeitung und Umsetzung neuer Konzepte. Der Erfolg neuer Lehrkonzepte ist häufig nicht im Vorfeld absehbar. Einige Lehrende äußern Sorgen vor schlechten Bewertungen, wenn sie die Struktur ihrer Lehrveranstaltung so verändern, dass die Studierenden aktiver werden müssen. Studierende in den Massenveranstaltungen der ersten Semester selbständig arbeiten zu lassen, sehen viele Lehrende als unüberwindbares didaktisches und auch logistisches Problem an.

Strukturelle Probleme sind zu sehen in den befristeten Verträgen und den Stellendenominationen, in denen z. B. bei den Doktoranden und Doktorandinnen keine Lehrdeputat enthalten ist, aber vorausgesetzt wird, dass

---

<sup>3</sup> Es wurden 12 leitfadengestützte Interviews mit Professoren, wissenschaftlichen Mitarbeitern und administrativem Personal der Fakultät Maschinenbau geführt. Die transkribierten Gesprächsaufzeichnungen wurden einer Inhaltsanalyse auf der methodischen Grundlage der Grounded Theorie unterzogen.

diese Personengruppe Lehraufgaben übernimmt. Die Lehre geht hier mitunter zu Lasten der Qualifizierung. Durch Mittelkürzungen im Hochschulbereich sind die Lehrstühle immer mehr zum Einwerben von Drittmitteln gezwungen. Lehrtätigkeiten stellen daneben hohe zeitliche und personale Belastungen mit wenig Benefit dar. Hier müssten, aus Sicht der Lehrenden, politische Entscheidungen der Bildungs- und Hochschulpolitik die Bedingungen verbessern helfen.

Die Befunde von Schubarth et. al decken sich weitgehend mit den USuS Ergebnissen. Sie zeigen mit den Befunden aus dem ProPrax-Projekt, dass auf struktureller Ebene durch die Einführung der Bachelor- und Masterstudiengänge „die Integration von Praxisphasen generell problematischer geworden ist“ [18]. Wachsende Studierendenzahlen, die Strukturierung des Lehrveranstaltungsumfangs in Workload, ein hoher personeller und koordinativer Aufwand bei der Einführung von Projektarbeiten oder Praxisphasen ins Studium und die Selbstdefinitionen der Professoren und Professorinnen eher als Forschende und nicht als Lehrende erschweren die Implementierung neuer Lehr-Lernkonzepte, die den Handlungskompetenzerwerb fördern.

## **4.2 Veränderungsansätze - Was kann getan werden, um eine Kompetenzentwicklung voranzutreiben?**

Wie in der Ursachenbeschreibung aufgezeigt wird, wäre ein wesentlicher erforderlicher Schritt, die Lehre auf struktureller Ebene zu stärken. Erst dann sind Lehrformen, wie sie im Weiteren vorgeschlagen werden, flächendeckend umsetzbar.

Da Kompetenzen in Lernprozessen erworben, entwickelt und weiter entwickelt werden können [19] sollten studentische Lehr- Lernarrangements so gestaltet werden, dass der Kompetenzerwerb unterstützt wird. Handlungsorientierten, aktivierenden und an realen Problemstellungen ausgerichteten Lernformen wird dabei ein hoher Stellenwert zugesprochen. Ebenso werden das Sammeln von praktischen Erfahrungen und eine reflexive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff als notwendige Tätigkeiten zum Kompetenzerwerb angesehen [5]. Oft geht der Kompetenzzuwachs unbewusst voran und dient der Bewältigung spezifischer situativer Anforderungen. Schulmeister [20] benennt Grundsätze für eine kompetenzorientierte Lernumgebung wie folgt: Die Lernumgebung muss Phasen des „konzentriertes Alleinlernens“ ermöglichen, ebenso wie Möglichkeiten der „Kommunikation, Interaktion und Rückmeldung“ von Seiten der Lehrenden wie auch von Mitstudierenden bieten. Die gesamte Lernumgebung sollte offen, im Sinne eines betreuten Selbststudiums gestaltet und mit authentischen, problemorientierten Fragestellungen bestückt sein [20]. In der HIS-Studie von In der Smitten & Jäger wird u.a. der „integrative Ansatz“ vorgestellt. Dabei wird die Vermittlung von Schlüsselkompetenzen „in die jeweiligen Fachveranstaltungen eingebunden“ [5]. Dies kann durch Feedbackrunden, Präsentationen, Projekte, Teamarbeit, Diskussionen etc. geschehen. Bei diesem Ansatz sind die zu erwerbenden überfachlichen Kompetenzen eng mit dem Berufsfeld des Studienfachs verbunden. „So können zum Beispiel für den angehenden Maschinenbauer Angebote zur Schulung der analytischen Fähigkeiten und des kreativen Denkens von besonderem Interesse sein“ [5].

Zu guter Letzt möchten wir auf bereits gelingende Umsetzungen von kompetenzorientierten Lehr-Lernformaten verweisen. Mit dem integrierten Ansatz und

einer finanziellen Anerkennung für kompetenzorientierte Lehrinnovationen ist es gelungen, Veränderungen in Richtung studierendenzentrierter Lehr-Lernformate in den durch USuS untersuchten Studiengang zu implementieren, ohne dass große strukturelle Änderungen nötig waren. Es handelt sich hierbei zum Beispiel um praxisnahe Projektarbeiten, die den Erwerb von Handlungskompetenzen fördern [21],[22]. Diese konnten bisher allerdings nur in höheren Semestern, ab dem fünften Semester curricular verankert werden. Zudem

können wir konstatieren, dass Lehrveränderungen leichter durchgeführt werden, wenn Anreizsysteme vorhanden sind. Beispielsweise können wir auf Ergebnisse des Kompetenz- und Dienstleistungszentrums TeachING-LearnING.EU [23] verweisen, die zeigen, dass ein Zuschuss zu Personalmitteln zur Verbesserung der Lehre wesentlich dazu beitragen kann, Veränderungen in der Lehre zu bewirken. Dabei geht es nicht unbedingt um die Höhe der Mittel, sondern vielmehr um die Anerkennung, die die Lehre erfährt.

## Autorinnen und Autoren

**Nina Friese** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Zentrum für Hochschulbildung (zhb), Technische Universität Dortmund // [nina.friese@tu-dortmund.de](mailto:nina.friese@tu-dortmund.de)

**Jessica Wixfort** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Institut für Erziehungswissenschaft, Ruhr Universität Bochum // [jessica.wixfort@rub.de](mailto:jessica.wixfort@rub.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Kultusministerkonferenz (KMK) 2010: Ländergemeinsame Strukturvorgaben für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.10.2003 i.d.F. vom 04.02.2010
- [2] Schaeper Hildegard, Wildt Johannes (2009), Kompetenzziele des Studiums, Kompetenzerwerb von Studierenden, Kompetenzorientierung der Lehre, In: HIS Hochschul-Informationssystem GmbH (Hrsg.), Perspektive Studienqualität, Themen und Forschungsergebnisse der HIS-Fachtagung „Studienqualität“, Bertelsmann, Bielefeld, S. 64-83
- [3] Schaeper Hildegard, Briedis, Kolja (2004), Kompetenzen von Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen, berufliche Anforderungen und Folgerungen für die Hochschulreform, HIS Projektbericht, August 2004, Hannover.
- [4] In der Smitten Susanne, Jäger Michael (2010), Kompetenzerwerb von Studierenden und Profilbildung an Hochschulen. In Susanne In der Smitten & Michael Jäger (Hrsg.), Studentischer Kompetenzerwerb im Kon-

text von Hochschulsteuerung und Profilbildung, Dokumentation zur HIS-Tagung am 03. November 2009 in Hannover, HIS: Forum Hochschule 13, Hannover, S. 1-26

- [5] Braun Edith, Soellner Renate, Hannover Bettina (2006), Ergebnisorientierte Lehrveranstaltungsevaluation. In: Hochschulrektorenkonferenz, Qualitätsentwicklung an Hochschulen. Erfahrungen und Lehren aus 10 Jahren Evaluation, HRK, Bonn, S. 60-67
- [6] Schaeper Hildegard (2005): Hochschulausbildung und Schlüsselkompetenzen – Der Beitrag der Hochschulforschung zur Evaluation der Qualifizierungsfunktionen und -leistungen von Hochschulen. In: Zeitschrift für Pädagogik. 50. Beiheft. Oktober 2005: S. 209-220
- [7] Engler Steffani (1993), Fachkultur, Geschlecht und soziale Reproduktion. Eine Untersuchung über Studentinnen und Studenten der Erziehungswissenschaft, Rechtswissenschaft, Elektrotechnik und des Maschinenbaus, Blickpunkt Hochschuldidaktik, Nr. 92, Deutscher Studienverlag, Weinheim
- [8] Bargel Tino, Ramm Michael (1998), Attraktivität des Ingenieurstudiums. Zur Diagnose einer Nachfragekrise und Folgerungen. Hefte zur Bildungs- und Hochschulforschung, Heft 23, Arbeitsgruppe Hochschulforschung, Konstanz
- [9] Am 07.11.2011 entnommen von: [http://www.aachen.ihk.de/de/weiterbildung/download/bw\\_004.pdf](http://www.aachen.ihk.de/de/weiterbildung/download/bw_004.pdf)
- [10] VDMA (2009), Ergebnisüberblick zur bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten, Studienerfolg erhöhen - Ingenieur Nachwuchs sichern, VDMA, Frankfurt am Main
- [11] Pankow, Franziska (2008), Die Studienreform zum Erfolg machen! Erwartungen der Wirtschaft an Hochschulabsolventen. Deutscher Industrie- und Handelskammertag.
- [12] Am 07.06.2011 entnommen: [www.hrk.de/bologna/de/home/3265.php](http://www.hrk.de/bologna/de/home/3265.php)
- [13] Becker Frank Stefan (2012), Podiumsdiskussion, 2. TeachING-LearnING.EU Jahrestagung. LearnING by DoING. Ruhr Universität Bochum.
- [14] Teichler Ulrich (2009), Wissenschaftlich kompetent für den Beruf qualifizieren. In: Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.): Neue Anforderungen an die Lehre in Bachelor- und Master-Studiengängen. Jahrestagung des HRK Bologna-Zentrums. Januar 2009. Beiträge zur Hochschulpolitik 1/2009, HRK Bologna-Zentrum, Bonn, S. 30-52

- [15] Kohler Jürgen (2004), Schlüsselkompetenzen und „employability“ im Bologna-Prozess. In: Stifterverband für die Wissenschaft (Hrsg.), Schlüsselkompetenzen und Beschäftigungsfähigkeit. Konzepte für die Vermittlung überfachlicher Qualifikationen an Hochschulen, Stifterverband, Essen, S. 5-15
- [16] Knauf Helen (2003), Das Konzept der Schlüsselqualifikationen und seine Bedeutung für die Hochschule. Einführung in das Thema. In: Helen Knauf & Marcus Knauf (Hrsg.), Schlüsselqualifikationen praktisch, Veranstaltungen zur Forderung überfachlicher Qualifikationen an deutschen Hochschulen, Bertelsmann, Bielefeld, S. 11-29
- [17] Eschner Anke (2010), Zur didaktischen Aufbereitung der Schlüsselqualifikationen in der Lehre für Ingenieure (Heft 90), Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt
- [18] Schubarth Wilfried et. al. (2011), Nach Bologna: Warum das Neue (manchmal) nicht in die Hochschule kommt, Das Beispiel Praxisphasen im Studium, Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 6(3), S. 74-88, <http://zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/353>
- [19] Schaeper Hildegard (2005) Hochschulausbildung und Schlüsselkompetenzen – Der Beitrag der Hochschulforschung zur Evaluation der Qualifizierungsfunktionen und leistungen von Hochschulen. Zeitschrift für Pädagogik, 50. Beiheft, Oktober 2005, 209-220.
- [20] Schulmeister Rolf (2011), Was müssen wir über Unterschiede im Studierverhalten wissen? Vortrag auf der Konferenz zur Qualität in der Lehre »Was ist gute Lehre?, Fachhochschule Kiel, 5./6. Mai 2011.
- [21] Pleul Christian (2012), ProLab@Ing – Projekt-Labor in der modernen Ingenieurausbildung. In: Marcus Petermann et al. (Hrsg.), TeachING-LearnING.EU innovations, TeachING-LearnING.EU, Bochum, S. 16-21
- [22] Iovkov Ivan (2012), INPROCUFO – Industrial Project, Cutting Forces in tuning processes. In: Marcus Petermann et al. (Hrsg.), TeachING-LearnING.EU innovations, TeachING-LearnING.EU, Bochum, S. 22-27
- [23] Am 04.01.2012 entnommen: <http://teaching-learning.eu/>

---

# Motivationen und Hindernisse für die Auslandsmobilität von Studierenden in MINT-Fächern

## Eine vergleichende Studie an der RWTH Aachen University

### Einleitung

Durch die Globalisierung müssen Unternehmen vermehrt international denken und handeln. Interkulturelle Erfahrungen und Kompetenzen prägen zunehmend auch das Berufsfeld und -profil von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Informatik. Diesen globalen Entwicklungen und Herausforderungen müssen auch Hochschulen durch eine adäquate Ausbildung begegnen. Aus diesen Gründen ist es wichtig, dass sich Studierende während des Studiums die Fähigkeit aneignen, mit Menschen aus anderen Kulturen zusammenzuarbeiten, um diese Qualifikation später sicher auf dem globalen Arbeitsmarkt anzuwenden zu können [1].

Aktuelle Statistiken, auf die im Folgenden noch detaillierter eingegangen wird, zeigen, dass Studierende der mathematisch-naturwissenschaftlichen, informatischen und vor allem technisch-ingenieurwissenschaftlichen Fächer (kurz MINT-Fächer) weitaus weniger auslandsmobil sind als Studierende bspw. aus den Rechts-, Wirtschafts- oder Sozialwissenschaften [2–5]. Über die Gründe ist laut Heublein et al. [6] bisher wenig bekannt, so dass lediglich hypothetische Annahmen dazu getroffen werden können. Es wird vermutet, dass die Umstellung der Studiengänge auf das Bachelor-/Mastersystem und die damit einhergehende Zeitproblematik, einen

Auslandsaufenthalt in das Studium zu integrieren, einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Auslandsmobilität ausüben [7].

Um jedoch die Beweggründe der Studierenden insbesondere aus MINT-Fächern für oder gegen studienrelevante Auslandsaufenthalte näher zu beleuchten, wurde im Rahmen des Projekts Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften (ELLI) im November 2012 eine Studierendenbefragung an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen University unter der Leitung des Lehrstuhls für Informatik im Maschinenbau (IMA), des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement (ZLW) und des Instituts für Unternehmenskybernetik (IfU) in Kooperation mit dem International Office der RWTH durchgeführt. Die Intention der Studie war die Ermittlung der Motivationen und Hindernisse für Auslandsmobilität insbesondere der Studierenden der MINT-Fächer an der RWTH Aachen University. Berücksichtigt wurden finanzielle Belange, Anerkennungsprozesse, universitäre Informations- und Beratungsangebote sowie persönliche Gründe für die Entscheidung für oder gegen einen studienbezogenen Auslandsaufenthalt.

Nach einer kurzen Beschreibung vorangehender Studien zur Auslandsmobilität deutscher Studierender in MINT-Fächern wird zunächst auf die angewandte Me-

thodik der RWTH-internen Studie näher eingegangen, bevor die erzielten Ergebnisse dargestellt werden.

## 1. Studien zur Auslandsmobilität von Studierenden der MINT-Fächer

Laut der Datengrundlage des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) und des Instituts für Hochschulforschung (HIS) [2] sowie des Statistischen Bundesamtes [3] absolvierten 2010 insgesamt 64 von 1.000 an deutschen Hochschulen eingeschriebenen Studierenden einen studienrelevanten Auslandsaufenthalt. Diese Zahl beinhaltet sowohl zeitweilig an einer ausländischen Hochschule immatrikulierte Studierende, als auch jene, die einen Studienabschluss im Ausland anstreben.

Zahlen zu den Mobilitätsraten der verschiedenen Fachdisziplinen sind bisher hauptsächlich nur für das europäische Austauschprogramm ERASMUS erfasst worden. Demnach verweilten im Studienjahr 2010/2011 von insgesamt 30.274 deutschen ERASMUS-Austauschstudierenden ca. 40% (12.174) von ihnen aus den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften im Ausland, gefolgt von ca. 25% (7.531) aus den Geisteswissenschaften und der Kunst, ca. 12% (3.726) aus den Ingenieurwissenschaften sowie ca. 9% (2.956) aus naturwissenschaftlichen, mathematischen und informatischen Studienfächern [2]. Auch andere Studien wie bspw. die 19. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks [4] kommen zu einem ähnlichen Ergebnis und bestätigen eine Tendenz zu geringer Auslandsmobilität unter Studierenden der MINT-Fächer.

Einige wenige Studien untersuchen die Motivation und Hindernisse von Studierenden bei der Planung und

Durchführung eines Auslandsaufenthaltes. Laut Analysen des DAAD [5], der HIS [8] oder des nordrhein-westfälischen Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung [9] werden die folgenden Hindernisse häufig von Studierenden angeführt:

- Probleme bei der Anerkennung von Studienleistungen,
- Zeitverlust im Studium,
- Probleme bei der Vereinbarkeit des Auslandsaufenthaltes mit den an der Heimathochschule geforderten Leistungen sowie
- finanzielle Probleme.

Wie bereits Heublein et al. [6] feststellen, sind weitergehende Studien zur Motivation der Studierenden bei der Planung und Umsetzung von Auslandsaufenthalten rar. Deshalb zielt die im Folgenden beschriebene Studie darauf ab, motivierende und hemmende Faktoren für die Durchführung eines studienrelevanten Auslandsaufenthaltes von Studierenden an der RWTH Aachen University im Vergleich zwischen MINT-Studierenden und Nicht-MINT Studierenden näher zu beleuchten.

## 2. Methodik

### 2.1 Online-Fragebogen

Die Befragung „Going abroad - Auslandsmobilität an der RWTH Aachen University“ richtete sich an alle Studierenden mit deutscher oder ausländischer Staatsangehörigkeit, die ihre Hochschulzugangsberechtigung an einer deutschen Ausbildungseinrichtung erworben haben, sogenannte „Bildungsinländer“. Insgesamt wurden n=33.003 Studierende gebeten, an der Studie teilzunehmen.

men. Mit N=3.218 vollständig auswertbaren Fragebögen beträgt die Rücklaufquote 9,75%.

Um möglichst viele Studierende zu erreichen, wurde die Studie als Online-Umfrage implementiert und über die Zeitspanne von vier Wochen vom 5. - 30. November 2012 mithilfe einer E-Mail-Benachrichtigung sowie einer Erinnerung nach zwei Wochen verbreitet. Die Stichprobe wurde zudem durch Filterfragen in verschiedene Gruppen mit entsprechend individuell zugeschnittenen Fragen eingeteilt, um so möglichst präzise auf verschiedene Planungs- und Durchführungsphasen eines Auslandsaufenthaltes eingehen zu können.

## 2.2 Stichprobenbeschreibung

### Demografische Daten

Die erhobene Stichprobe zeigt auf, dass mit 61,5% der Großteil der befragten Studierenden männlich ist. 3.064 Teilnehmende stammen aus Deutschland (ca. 95%), 16 aus China (ca. 0,5%), 15 aus der Türkei (ca. 0,5%) und 10 aus Russland (0,3%). Die Hochschulzugangsberechtigung erlangten 97,4% der Befragten in Deutschland

### Studienbezogene Daten

Im Vergleich zu der Verteilung der Gesamtanzahl der an der RWTH eingeschriebenen Studierenden im Wintersemester 2012/2013 [10] verteilten sich die Teilnehmenden der Studie in einem ähnlichen Verhältnis auf die jeweiligen Fakultäten wie die folgende Abbildung zeigt. Somit kann keine Verschiebung innerhalb der Daten zugunsten einer bestimmten Fakultät beobachtet werden, weswegen die Ergebnisse der Studie einen repräsentativen Schnitt der Studierenden abbilden.

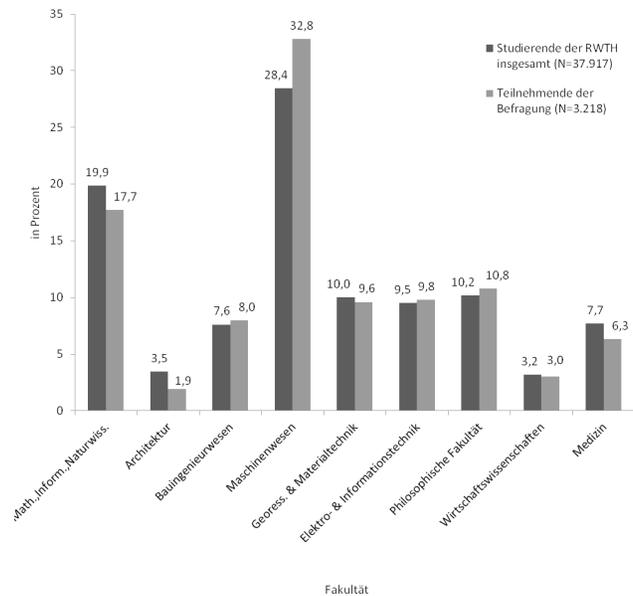


Abbildung 1: Verteilung der Befragten über die Fakultäten

Die Befragungsteilnehmenden strebten unterschiedliche akademische Grade an. Die drei am häufigsten vertretenen Gruppen in Bezug auf den angestrebten akademischen Abschluss waren Masterstudierende mit 44,3%, Bachelorstudierende mit 26,5% und Promovenden mit 11,7%.

## 3. Ergebnisse der Studie

Um die Beweggründe bei der Planung und Organisation eines Auslandsaufenthaltes von Studierenden der MINT-Fächer im Vergleich zu Studierenden der Nicht-MINT Fächer zu analysieren, wird sich die weitere Auswertung der Ergebnisse auf die Motivationen und Hindernisse bei der Organisation eines Auslandsauf-

enthaltend der Studierenden der Fakultäten Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Bauingenieurwesen, Maschinenwesen, Georessourcen und Materialtechnik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik konzentrieren und sie gegen jene der Studierenden der Fakultäten für Architektur, Philosophie, Wirtschaftswissenschaften und Medizin abgrenzen. Insgesamt nahmen N=2.507 Studierende der MINT-Fächer an der Umfrage teil, was einem Anteil von 12,3% der Gesamtstudierenden der MINT-Fächer der RWTH Aachen University entspricht.

### 3.1 Mobilitätsverhalten der Studierenden in MINT-Fächern

Stadium des Auslandsaufenthaltes

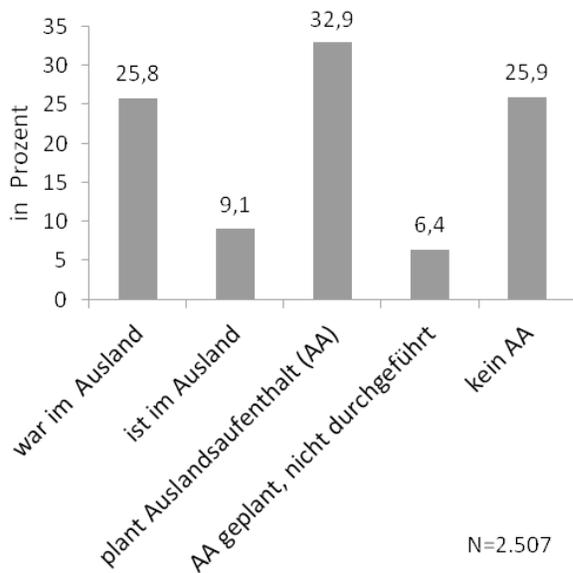


Abbildung 2: Planungs- und Durchführungsphasen des Auslandsaufenthaltes der Befragten

Die Teilnehmenden der Studie befanden sich in unterschiedlichen Planungs- und Durchführungsphasen ihres Auslandsaufenthaltes bzw. hatten überhaupt keinen Auslandsaufenthalt vorgesehen, wie Abbildung 2: Planungs- und Durchführungsphasen des Auslandsaufenthaltes der Befragten zeigt. Demnach waren insgesamt 34,9% der befragten MINT-Studierenden zum Zeitpunkt der Umfrage im Ausland bzw. hatten bereits Auslandserfahrungen im Studium gesammelt. 32,9% planen einen Auslandsaufenthalt und insgesamt 32,3% planen keinen Auslandsaufenthalt ein bzw. traten einen zuvor geplanten Auslandsaufenthalt nicht an. Somit ergibt sich hier fast eine Gleichverteilung auf die unterschiedlichen Planungs- und Durchführungsstadien.

#### Mobilität der MINT-Studierenden im Vergleich

Vergleicht man die Mobilitätsrate der Studierenden der MINT-Fächer mit Studierenden der anderen Fakultäten der RWTH Aachen University, bringt die Studie keine spezifischen Erkenntnisse hervor. Die Mobilität der Befragten der Fakultäten Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Bauingenieurwesen, Maschinenwesen, Georessourcen und Materialtechnik sowie Elektrotechnik und Informationstechnik („MINT-Studierender“) wurden mit jener der Studierenden der Fakultät für Architektur, der Philosophischen, Wirtschaftswissenschaftlichen und Medizinischen Fakultäten („kein MINT-Studierender“) verglichen. Dabei bemaß sich die Mobilität danach, ob die Teilnehmenden während ihres Studiums bereits einen Auslandsaufenthalt absolviert hatten oder sich während der Umfrage im Ausland befanden. Diese Befragten wurden der Variable „war/ist im Ausland“, alle anderen der Variable „war (bisher) nicht im Ausland“ zugeordnet. Die folgende Tabelle verdeutlicht die Häufigkeitsverteilung der getesteten Variablen.

|                               | waren/sind im Ausland | waren (bisher) nicht im Ausland | Gesamt |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------|
| <b>MINT-Studierende</b>       | 873                   | 1634                            | 2507   |
| <b>keine MINT-Studierende</b> | 234                   | 477                             | 711    |
| <b>Gesamt</b>                 | 1107                  | 2111                            | 3218   |

Tabelle 1: Kontingenztabelle für das Mobilitätsverhalten von MINT- und nicht MINT-Studierenden

Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson wurde auf die zwei nominal skalierten Variablen „MINT-Studierende“ und „kein MINT-Studierende“ sowie „war (bisher) nicht im Ausland“ und „war/ ist im Ausland“ durchgeführt. Folgende Werte wurden berechnet<sup>1</sup>:

$$\chi^2(1, N = 3218) = .90; p = .05 \rightarrow \text{nicht signifikant}$$

Die Ergebnisse können die Nullhypothese nicht bestätigen. Es kann keine signifikante Aussage über die Mobilitätsaffinität hinsichtlich verschiedener Fakultäten getroffen werden. Es kann also durch die vorliegende Untersuchung nicht festgestellt werden, dass Studierende der MINT-Fächer weniger mobil als Studierende anderer Fakultäten sind. Somit kann kein Zusammenhang zwischen der Zugehörigkeit zu den MINT-Fakultäten und einem Auslandsaufenthalt identifiziert werden.

Dies steht im deutlichen Gegensatz zu den Zahlen bisheriger Studien (siehe Abschnitt 1), die über eine gravierend geringere Mobilität der Studierenden in MINT-Fächern berichten. Über Gründe hierfür kann allerdings nur gemutmaßt werden, da diese Befragung darüber keinen Aufschluss gibt. Es ist zu vermuten, dass sich einerseits die Effekte der besonderen Förderung der Auslandsmobilität von MINT-Studierenden an der RWTH zeigen. Vor allem ein breit gestreutes Informa-

tionsnetzwerk an Auslandsstudienbeauftragten an den Fakultäten hilft dabei, Studierende aktiv bei der Planung und Durchführung ihres Auslandsaufenthaltes zu unterstützen. Andererseits ist jedoch auch ein Selektionseffekt durch eine nicht konsistente Randomisierung der Stichprobe nicht auszuschließen. Eventuell nahmen eher mobilitätsaffine Studierende an der Befragung teil und beeinflussten die Ergebnisse entsprechend.

### 3.2 Motivation für studienrelevante Auslandsaufenthalte

Die Studienteilnehmenden wurden dazu aufgefordert, einer Reihe von möglichen Motivationsgründen auf einer 6-stufigen Skala einen Wert von 1 (gar kein Motivationsgrund) bis 6 (großer Motivationsgrund) zuzuordnen. Anschließend wurden die Mittelwerte der Bewertungen errechnet, um somit eine Aussage über die Motivation für studienrelevante Auslandsaufenthalte treffen zu können. Die folgende Abbildung zeigt einerseits die abgefragten Kriterien und andererseits die jeweils dazugehörigen Bewertungen der MINT-Studierenden sowie der Studierenden der anderen Fakultäten („Nicht MINT-Studierende“).

1  $\chi^2$ : Chi-Quadrat-Wert, p: Irrtumswahrscheinlichkeit

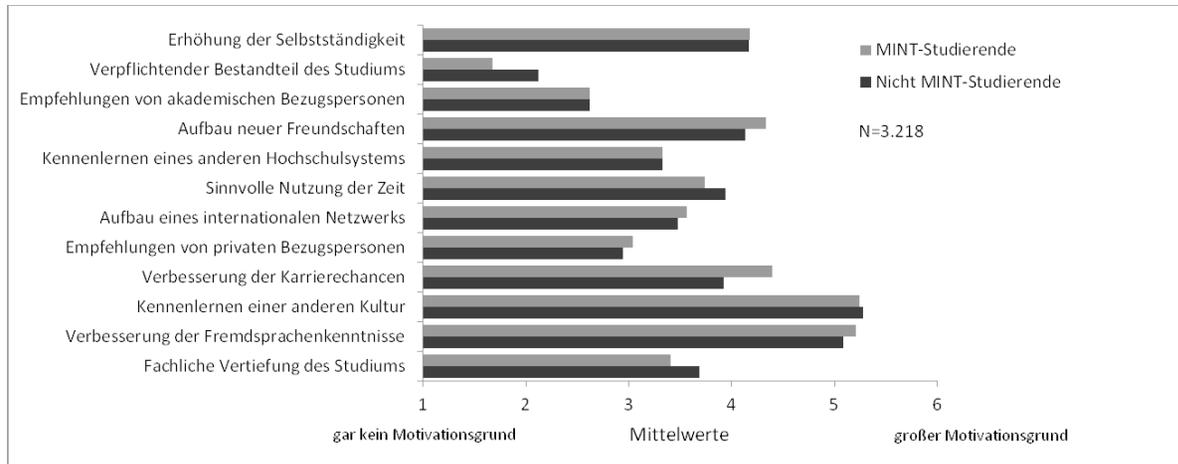


Abbildung 3: Motivation für studienrelevante Auslandsaufenthalte für MINT- und Nicht MINT-Studierende

Disziplinübergreifend wurden solche Faktoren wie die Verbesserung der Fremdsprachenkenntnisse, das Kennenlernen einer neuen Kultur, der Aufbau neuer Freundschaften sowie die Erhöhung der Selbstständigkeit als besonders große Motivationsgründe bewertet. Diese hauptsächlich der Gruppe der Soft Skills zuzuordnenden Faktoren wirken offenbar stärker auf die Motivation als andere Faktoren wie bspw. die fachliche Vertiefung des Studiums oder das Kennenlernen eines anderen Hochschulsystems. Die Bedeutung der Empfehlungen von privaten oder akademischen Bezugspersonen wurde disziplinübergreifend als gering eingeschätzt. Am wenigsten wurde eine Verpflichtung zu einem Auslandsaufenthalt als Motivationsgrund angegeben, was jedoch darauf zurückzuführen ist, dass in den wenigsten Curricula bisher Auslandsaufenthalte als verpflichtende Bestandteile vorgesehen sind.

Unterschiede zwischen den Fachdisziplinen wurden in Bezug auf die Wertung folgender motivierender Fak-

toren festgestellt: sinnvolle Nutzung der Zeit, fachliche Vertiefung des Studiums und die Verbesserung der Karrierechancen. Der Aspekt der sinnvollen Nutzung ihrer Zeit bei einem Auslandsaufenthalt wird von Studierenden der MINT-Fächer im Vergleich zu anderen Studierenden als geringerer Motivationsgrund eingeschätzt. Eine ähnliche Wertung wurde auch für die fachliche Vertiefung des Studiums gegeben. Erstellt man eine Rangliste der zwölf oben dargestellten Motivationsgründe und sortiert sie aufsteigend nach ihrer Bewertung, so befindet sich das Kriterium „fachliche Vertiefung des Studiums“ auf Rang 8 bei MINT und auf Rang 7 bei nicht MINT-Studierenden. Somit zeigt sich, dass dieses Kriterium für Studierende aller Fachrichtungen gleichermaßen weniger als Motivationsgrund für die Durchführung eines Auslandsaufenthaltes dient. Die Verbesserung der Karrierechancen hingegen motiviert Studierende der MINT-Fächer wesentlich stärker dazu, ins Ausland zu gehen, als andere Studierende. Bei MINT-Studierenden werden verbesserte Karrierechan-

cen als dritthäufigstes Kriterium genannt, während es bei nicht MINT-Studierenden nur auf Rang 6 liegt.

### 3.3 Hindernisse für studienrelevante Auslandsaufenthalte

Bei der Betrachtung der Hindernisse zeigt sich ein ähnlich homogenes Bild, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Auch hier wurden die Befragten gebeten, ihre Bewertung der aufgeführten Hindernisse auf einer 6-stufigen Skala von 1 (gar kein Hindernis) bis 6 (großes Hindernis) abzugeben.

Als die wichtigsten Hindernisse für Auslandsaufenthalte während des Studiums werden vor allem Zeitdruck während des Studiums, finanzielle Gründe und zu wenig Austauschplätze genannt. Ebenso werden

unklare Zuständigkeiten bei den für die Organisation eines Austausches relevanten Stellen von allen Studierenden gleichermaßen als hemmend eingestuft. Am wenigsten fühlen sich Studierende durch einen nicht erkennbaren Nutzen für ihren Karriereweg, die Angst vor der Herausforderung oder dem Unbekannten sowie Sprachbarrieren an der Durchführung eines Auslandsaufenthaltes gehindert.

Unterschiede in den Bewertungen zwischen den Disziplinen sind bei den Hindernissen hingegen deutlich erkennbar. Vor allem Probleme bei der Anerkennung und ein mit dem Auslandsaufenthalt einhergehender zu großer zeitlicher Aufwand werden von Studierenden der MINT-Fächer vermehrt als Hindernis angegeben. Auch uneinheitliche Semesterzeiträume werden von MINT-Studierenden als hinderlicher bewertet als von anderen Studierenden. Als wesentlich weniger

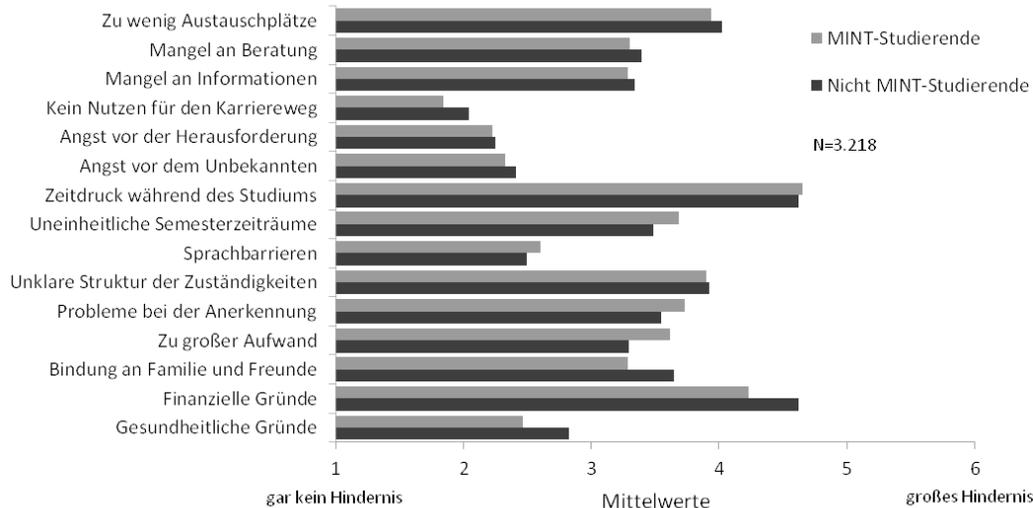


Abbildung 4: Vergleich der Hindernisse für Auslandsaufenthalte zwischen MINT- und Nicht MINT-Studierenden

hinderlich schätzen Studierende der MINT-Fächer im Vergleich zu ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen anderer Studienrichtungen gesundheitliche sowie finanzielle Gründe oder die Bindung an Freunde und Familie ein.

Damit werden die zuvor von anderen Studien ermittelten Ergebnisse (siehe Abschnitt 1 Studien zur Auslands-mobilität von Studierenden der MINT-Fächer) auch durch diese Studie bestätigt.

#### 4. Zusammenfassung

Die vorgestellte Studie untersuchte motivierende und hemmende Faktoren, die Studierende der MINT-Fächer im Vergleich zu den Studierenden der Nicht-MINT-Fächer dazu veranlassen, einen Auslandsaufenthalt in ihr Studium zu integrieren oder nicht. Vergleicht man dabei die Top 5 der Motivationen und Hindernisse für MINT-Studierende ergibt sich folgendes Bild (vgl. Tabelle 2).

Neben den in der Praxis stark nachgefragten Soft Skills wie der Beherrschung von Fremdsprachen oder einer eigenständigen Arbeitsweise wird der Verbesserung

der Karrierechancen eine höhere Priorität zugeordnet als bspw. der fachlichen Vertiefung des Studiums, die erst auf Platz 8 der Motivationsgründe rangiert (siehe auch Abschnitt 3.2). Diese Priorisierung scheint eine Tendenz zur Karriereorientierung der MINT-Studierenden anzudeuten: Für den Fall, dass Studierende der MINT-Fächer eine Verbesserung ihrer Karrierechancen durch einen Auslandsaufenthalt als gering einschätzen und sich zusätzlich bestimmter Hindernisse wie hohem Zeitdruck oder fehlender finanzieller Unterstützung ausgesetzt sehen, werden sie vermutlich keinen Auslandsaufenthalt organisieren. Hinzu kommt die besondere soziale Situation der Studierenden der MINT-Fächer. Wie die 18. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks [11] zeigt, immatrikulieren sich häufig Studierende der „unteren sozialen Herkunftsgruppen“ in Bezug auf allgemein- und berufsbildende Abschlüsse und die berufliche Stellung der Eltern für ein Studium der Ingenieurwissenschaften – einem der großen MINT-Fächer. Somit liegt die Vermutung nahe, dass mit der sozialen Herkunft auch eine entsprechende finanzielle Unterstützung der Studierenden durch das Elternhaus einhergeht. Finanzielle Probleme wiederum zählen zu den Haupthindernissen bei der Organisation eines Auslandsaufenthaltes.

| Top 5 Motivationen                          | Top 5 Hindernisse                       |
|---|---|
| 1. Kennenlernen einer anderen Kultur        | 1. Zeitdruck während des Studiums       |
| 2. Verbesserung der Fremdsprachenkenntnisse | 2. Finanzielle Gründe                   |
| 3. Verbesserung der Karrierechancen         | 3. Zu wenig Austauschplätze             |
| 4. Aufbau neuer Freundschaften              | 4. Unklare Struktur der Zuständigkeiten |
| 5. Erhöhung der Selbstständigkeit           | 5. Probleme bei der Anerkennung         |

Tabelle 2: Top 5 der Motivationen und Hindernisse bei Auslandsaufenthalten unter MINT-Studierenden an der RWTH Aachen University

Wie auch schon von Heublein et al. [6] angemerkt, scheint sich die Entwicklung der Auslandsmobilität derzeit in einer Übergangsphase zu befinden. Trotz vermehrter Förderbemühungen stagnierten die Mobilitätsraten zwischen 2000 und 2010. Die Bedeutung eines Auslandsaufenthaltes für die zukünftige Berufstätigkeit wird jedoch von Studierenden durchweg als hoch ein-

geschätzt. Dies wird nicht zuletzt durch eine erhöhte Nachfrage an Absolventen mit fremdsprachlichen Kompetenzen von global agierenden Unternehmen gefördert. Diese begünstigenden Faktoren lassen darauf hoffen, dass sich die Rate an auslandsmobilen Studierenden in den kommenden Jahren weiter steigern wird.

## Autorinnen und Autoren

**Ute Heinze** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // ute.heinze@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Dr. phil. Ursula Bach** | Forschungsgruppenleiterin „Didaktik in den MINT-Wissenschaften“ // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // ursula.bach@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Dr. rer. nat. René Vossen** | Geschäftsführer des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // rene.vossen@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke** | Institutsdirektorin // IMA/ZLW & IfU der RWTH Aachen University // sabina.jeschke@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Jeschke, S., Petermann, M. und Tekkaya, A.E. (2011), Ingenieurwissenschaftliche Ausbildung - ein Streifzug durch Herausforderungen, Methoden und Modellprojekte, TeachING-LearnING.EU Fachtagung „Next Generation Engineering Education“, ZLW/IMA der RWTH Aachen University, S. 11–22.
- [2] Deutscher Akademischer Austauschdienst und HIS-Institut für Hochschulforschung (Hrsg.) (2012), Wissenschaft weltoffen 2012. Daten und Fakten zur Internationalität von Studium und Forschung in Deutschland, W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld.
- [3] Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2012), Deutsche Studierende im Ausland. Statistischer Überblick 2000-2010, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

- [4] Isserstedt, W. und Kandulla, M. (2010), Internationalisierung des Studiums - Ausländische Studierende in Deutschland - Deutsche Studierende im Ausland. Ergebnisse der 19. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks durchgeführt durch HIS Hochschul-Informationssystem, BMBF, Bonn, Berlin.
- [5] Deutscher Akademischer Austauschdienst (2011), Wissenschaft weltoffen 2011. Daten und Fakten zur Internationalität von Studium und Forschung in Deutschland, HIS, Bielefeld.
- [6] Heublein, U., Schreiber, J. und Hutzsch, C. (2011), Entwicklung der Auslandsmobilität deutscher Studierender, HIS:Projektbericht, Hannover.
- [7] Schmitz, W. (2007), Die Scheu des Ingenieurstudenten vor dem Ausland, vdi-nachrichten.com, 18.5.2007.
- [8] Netz, N., Orr, D., Gwosc, C. und Huß, B. (2012), What deters students from studying abroad? Evidence from Austria, Switzerland, Germany, The Netherlands and Poland, HIS:Discussion Paper, HIS, Bielefeld.
- [9] Rieck, S. und Märker, O. (2012), Ergebnisbericht. [www.besser-studieren.NRW.de](http://www.besser-studieren.NRW.de), Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn.
- [10] Hötte, H.-D. und Fritz, H. (2012), RWTH Aachen University. Zahlenspiegel 2011, Aachen.
- [11] Isserstedt, W., Middendorf, E., Fabian, G. und Wolter, A. (2007), Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in der Bundesrepublik Deutschland 2006. 18. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks durchgeführt durch HIS Hochschul-Informationssystem, BMBF, Bonn, Berlin.

# „Praxis, Praxis, Praxis! Vermittlung von Theorie allein reicht leider nicht mehr aus.“

## Ergebnisse einer Evaluation des Studiums an der Fakultät Maschinenbau der Technischen Universität Dortmund

### Einleitung

Der demografische Wandel, der Abbau von Hürden für ein Studium an ausländischen Hochschulen und die Aufweichung der bis dato trennscharfen Linie zwischen Universität und Fachhochschule im Zuge des Bologna-Prozesses zeugen von der zunehmenden Konkurrenz deutscher Universitäten um Studierende der Ingenieurwissenschaften. Dabei sind gut ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure nicht nur für die Exporterfolge der deutschen Wirtschaft von zentraler Bedeutung. Sie werden in Zeiten der Energiewende und der zunehmenden Technisierung der Welt zu zentralen gesellschaftlichen Akteuren des Wandels. Sie werden heutzutage vielleicht mehr benötigt denn je [1],[2].

Das deutsche Maschinenbaustudium ist hervorragend, hieran lässt die weltweite Reputation der Absolventinnen und Absolventen keinen Zweifel zu. Doch um dieses Niveau auch in Zeiten von Bachelor und Master international langfristig behaupten zu können, sind permanente Verbesserungen erforderlich.

### 1. Ausgangssituation

Im Rahmen qualitätsverbessernder Maßnahmen evaluierte die Fakultät Maschinenbau der Technischen Universität Dortmund ihr Studienangebot, um allgemeine Maßnahmen zur Verbesserung des Studiums ableiten und umsetzen zu können. Der Wunsch entstand im Zuge der regelmäßig stattfindenden Evaluation der einzelnen Lehrveranstaltungen, die positive Effekte auf die Lehrveranstaltungen haben. Diese Effekte möchte die Fakultät nun auch für das Studium allgemein nutzbar machen.

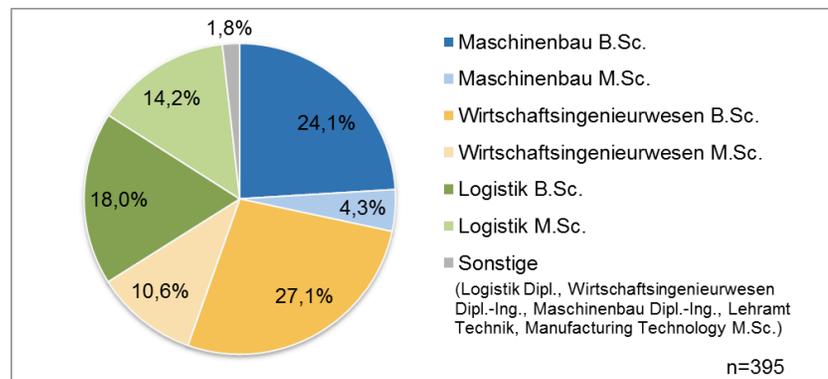


Abb. 1: Verteilung der Befragten nach Studiengang

Neben Maschinenbau, Logistik und Wirtschaftsingenieurwesen (jeweils B.Sc. und M.Sc., Maschinenbau auch auf Lehramt) bietet die Dortmunder Maschinenbaufakultät die Möglichkeit, einen der beiden international ausgerichteten Master-Studiengänge ‚Manufacturing Technology‘ und ‚Automation and Robotics‘ zu studieren. An der im Folgenden vorgestellten Erhebung im Wintersemester 2012/13 nahmen fast vierhundert Studentinnen und Studenten, davon knapp ein Viertel Master-Studierende, teil.

Ein Schwerpunkt der Evaluation lag auf der Ermittlung des Praxisbezugs aus Studierendenperspektive. Erste Teilergebnisse dieser Untersuchung werden nun aufgezeigt. Hierbei werden die Kompetenzvermittlung, die Praxisbezüge und die Berufsvorbereitung betrachtet.

## 2. Kompetenzvermittlung

In einem ersten Block wurde abgefragt, inwieweit das Studium Kompetenzen vermittelt, wie sie der Arbeits-

markt bzw. die Unternehmen aktuell von Absolvierten erwarten. Hierzu zählen bspw. interkulturelle Kompetenzen im Rahmen von Projektteams oder das erfolgreiche Vertreten und Präsentieren eigener Ideen und Arbeitsergebnisse, etwa vor Vorgesetzten oder Kunden.

Mit jeweils fast 40% Zustimmung beantworteten die Studierenden die Frage, ob sie gelernt haben, ihr erworbenes Fachwissen auch Menschen mit geringerer Qualifikation erfolgreich vermitteln zu können (39,5%) und ob ihr Studium sie auf die Zusammenarbeit in interkulturellen Projektteams vorbereitet hat (38,5%). Sind es bei der ersten Frage lediglich 32,7%, die der Aussage nicht (voll) zustimmen, sind es bei der zweiten 39,8% und damit tendenziell mehr negative als positive Aussagen.

Sicherlich ist es nicht einfach, eine derartige Kompetenz im Rahmen des Studiums zu vermitteln. Doch bestehen hier bspw. Möglichkeiten im Rahmen von Fachlaboren, bei denen die veranstaltenden Lehrstühle

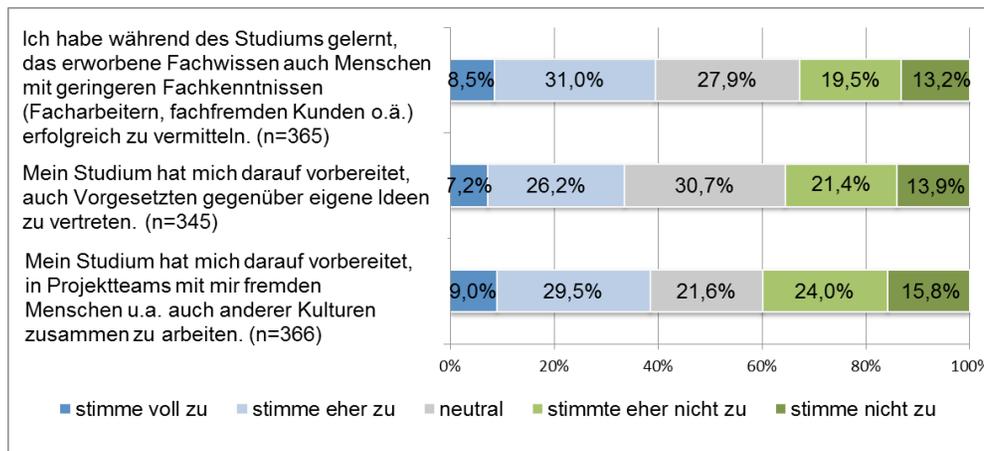


Abb. 2: Kompetenzvermittlung aus Perspektive der Studierenden

interkulturell gemischte Projektgruppen initiieren oder zumindest anregen und fördern können. Weitere Beispiele sind die online durchgeführte Lehrveranstaltung 'Als Ingenieur die Zukunft gestalten', die am Dortmunder Zentrum für Hochschulbildung in Kooperation mit der University of Virginia in den USA angeboten wird, oder das mit dem Dortmunder Institut für Anglistik und Amerikanistik realisierte Projekt 'Culture and Technology'. Hier tauschen sich Studierende beider Fächergruppen und verschiedener Sprach und Kulturkreise über den wechselseitigen Einfluss von Kultur und Technik aus. An der Online-Lehrveranstaltung nehmen Studierende beider Länder gleichzeitig teil, bilden transnationale Arbeitsgruppen, arbeiten dabei über Ländergrenzen hinweg zusammen und erfahren bzw. erlernen auf diese Weise mit Begleitung der Dozierenden in international besetzten Teams zu arbeiten [3].

Mit der geringsten Zustimmung (33,4 %) reagierten die Studierenden auf die Frage, ob sich die Studierenden gut darauf vorbereitet fühlen, Vorgesetzten gegenüber Ide-

en zu vertreten. Da diese Eigenschaft eine wesentliche Fähigkeit ist, um beruflich erfolgreich zu sein, soll nun auch in diesem Bereich nachgebessert werden. Vorträge am Ende des Bachelor-Studiums sind ein Anfang. Vermehrte Zwischenpräsentationen in Projekten könnten weitere Schritte sein. Eine Schulung der Dozierenden, insbesondere der Übungsleitenden, die dann mitunter auch den ‚Advocatus Diaboli‘ mimen müssen, wären eine weitere Überlegung in diese Richtung.

### 3. Praxisbezüge

Ein weiterer Frageblock zielte auf die Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis ab, wie sie aus Studierendenperspektive wahrgenommen wird.

Die Betrachtung über alle Studiengänge ergab in zwei Punkten relativ eindeutige Aussagen:

Zum einen stimmten insgesamt 69,4% der befragten Studierenden der Aussage (voll) zu, dass sie im Studi-

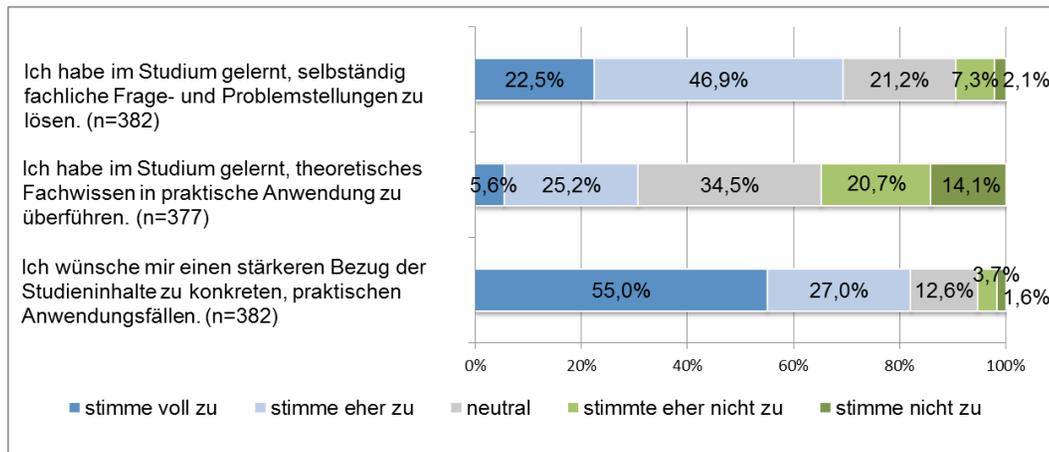


Abb. 3: Praxisbezug aus Perspektive der Studierenden

um in seiner jetzigen Form lernen, selbstständige und fachliche Frage- und Problemstellungen zu lösen. Dieser Wert belegt die hohe fachliche Expertise, mit der die Studierenden im Laufe ihres Studiums ausgestattet werden. Dabei stellt eben diese Fähigkeit die zentrale Erwartungshaltung arbeitgeber/innenseitig an die späteren Beschäftigten in ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeitsfeldern dar. Somit lässt sich an dieser Stelle ein überaus positives Fazit ziehen, das den eingangs formulierten Anforderungen an die Absolvierenden voll gerecht wird.

Optimierungspotenzial erkennen die Studierenden (unabhängig ihrer Semesteranzahl) hingegen im Falle des Bezugs der Studieninhalte zu konkreten praktischen Anwendungsfällen. Vielfach wurde der Wunsch nach mehr Praxisbezug auch in den Feldern handschriftlich angegeben, als nach allgemeinen Verbesserungsvorschlägen gefragt wurde. Demnach ist dies ein Bereich, in dem das Studium durch einen relativ überschaubaren inhaltlichen Aufwand verbessert werden kann.

Einerseits erscheinen konkrete Anwendungsfälle, insbesondere in sehr theoretischen Fächern wie Mechanik oder Mathematik, die beispielhaft in den entsprechenden Veranstaltungen zur Veranschaulichung herangezogen werden, noch ausbaufähig.

Denkbar wäre aber auch ein durch die Fakultät gemeinsam zu definierendes Fallbeispiel, das den Studierenden (studiengangunabhängig) in den verschiedenen Disziplinen kontinuierlich und wiederkehrend begegnet. Die theoretischen Inhalte würden so durch einen roten Faden verknüpft und den Studierenden der Zugang zu ihnen erleichtert, ohne dass große Anpassungen in den Curricula erforderlich wären.

#### 4. Berufsvorbereitung

Das Studium dient dem Zweck, hochqualifizierte Ingenieurinnen und Ingenieure dem Arbeitsmarkt zur Verfügung zu stellen. Daher muss das Studium auch auf die entsprechenden beruflichen Tätigkeiten vorbereiten.

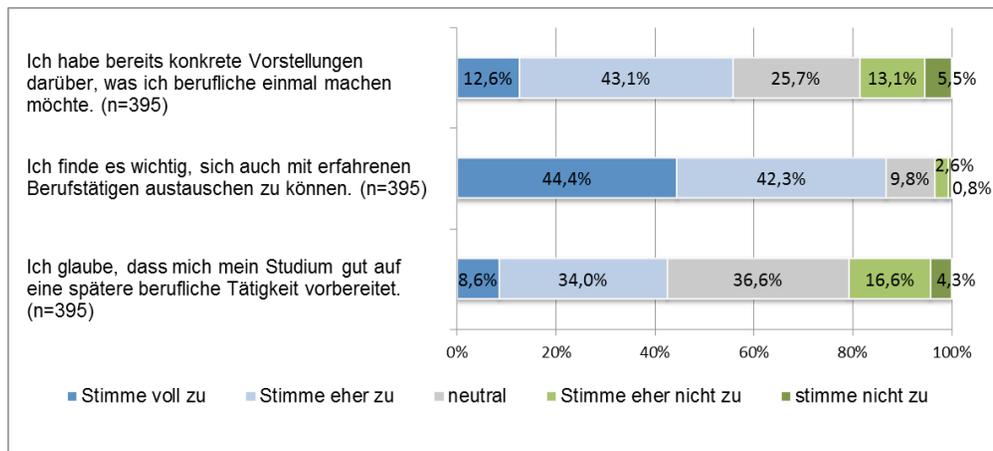


Abb. 4: Meinung, inwieweit das Studium auf die antizipierte Berufstätigkeit vorbereitet

In einem gesonderten Block wurden daher die Studierenden zu ihrer späteren, respektive antizipierten beruflichen Tätigkeit und dem Grad der Vorbereitung hierauf durch das Studium befragt. Im Kern interessierte dabei, ob die Studierenden bereits (konkrete) Vorstellungen von einer späteren beruflichen Tätigkeit haben und inwieweit sie der Meinung sind, dass das Studium darauf entsprechend vorbereitet. So sollen langfristig Maßnahmen erarbeitet werden, die eine eventuelle Lücke in diesem Bereich schließen können.

Der Befund in diesem Feld war relativ eindeutig: Mehr als die Hälfte der Befragten (55,7%) hat bereits konkrete Vorstellungen darüber, was sie später beruflich einmal machen möchte. Ebenso sind 42,6% (gegenüber 20,7%) der Meinung, dass sie durch das Studium gut auf ihre spätere berufliche Tätigkeit vorbereitet werden. Interessanterweise konnte hier durch eine multivariable Analyse nachgewiesen werden, dass die Studierenden, die (relativ viel) arbeiten gehen (insbesondere im Master, also fachbezogene Tätigkeiten ausüben), konkrete Vorstellungen über ihre späteren beruflichen Tätigkeit haben. Und wer konkrete Vorstellungen der späteren beruflichen Tätigkeit hat, der stimmt (bei einer Korrelation von 0,214 bei einer Signifikanz ab 0,05) tendenziell auch der Aussage zu, dass das Studium gut auf die spätere berufliche Tätigkeit vorbereite.

Dies wiederum kann bedeuten, dass die Fakultät die Zufriedenheit der Studierenden mit dem Studium verbessern kann, wenn diese konkrete Vorstellungen über ihre späteren beruflichen Tätigkeit haben: Wer diese Einblicke hat, beurteilt die ‚Leistungsfähigkeit‘ des Studiums aus einer anderen Perspektive und damit in diesem Punkt positiver.

### 5. Fazit

Das Bachelor-Master-System mag zwar die Ingenieurwissenschaften an deutschen Universitäten besonders stark tangieren. Aber es bietet auch die Chancen, flexibler auf aktuelle Anforderungen zu reagieren und sich als Universität zu positionieren.

Dies sollte insbesondere über einen deutlich wahrnehmbaren Ausbau der Praxisbezüge erfolgen. Da diese Forderung seitens der Studierenden übermäßig häufig genannt wurde (die Überschrift des Artikels steht exemplarisch für die zahlreichen Kommentare in ähnlicher Form), stellt es einen sehr wichtigen Ansatzpunkt dar, um das Studium langfristig zu verbessern.

Die Möglichkeiten dies zu realisieren sind zahlreich. Bisher unberücksichtigt ist etwa der Austausch mit erfahrenen Berufstätigen, den die Studierenden als besonders wichtig empfinden (vgl. Abb. 4). Daher kann ein Weg zur nachhaltigen Veränderung derart gestaltet werden, dass es einen Lernort gibt, der eben diese aufgezeigten Lücken schließen kann; eine Art ‚Add-on‘, das das universitäre Ingenieurstudium um einen Praxisanteil erweitert. Wie dies in der Realität umzusetzen ist, wird zu diskutieren sein. Doch bietet gerade der Bologna-Prozess den notwendigen Spielraum, um derartige Verbesserungen zu implementieren.

## Autorinnen und Autoren

**Dirk W. Hansmeier** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fachgebiet Maschinenelemente, TU Dortmund // dirk.hansmeier@tu-dortmund.de

**Uni.-Prof. Dr. Ing. habil. Bernd Künne** | Lehrstuhlinhaber // Fachgebiet Maschinenelemente, TU Dortmund // bernd.kuenne@tu-dortmund.de

**Lisa Belter** | Projektmitarbeiterin // Fachgebiet Maschinenelemente, TU Dortmund // belter@post.tu-dortmund.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Weiland, Anna (2008): FH oder Uni: Gleich nur auf den ersten Blick. In: FAZ vom 26.04.2008, online unter: [www.faz.net/aktuell/beruf-chance/campus/fh-oder-uni-gleich-nur-auf-den-ersten-blick-1515676.html](http://www.faz.net/aktuell/beruf-chance/campus/fh-oder-uni-gleich-nur-auf-den-ersten-blick-1515676.html) (08.04.2013).
- [2] Bargel, Tino; Multrus, Frank; Schreiber, Norbert (2007): Studienqualität und Attraktivität der Ingenieurwissenschaften. Eine Fachmonographie aus studentischer Sicht, hrsg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn, Berlin.
- [3] Moore, Stephanie; Dominik, May (2012): Transnational Collaborative Learning for Engineering Students through Active Online Environments Developing 'global perspective' for US and German students. In: Proceedings of 'ICL 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning and 41st International Conference on Engineering Pedagogy', Villach (Austria); 26.-28.09.2012; ISBN:978-1-4673-2426-7.

---

# Hochschulforschung und Hochschuldidaktik

---

# Die Wirksamkeit hochschuldidaktischer Interventionen aus Sicht von Lehrenden und Studierenden

## Einleitung

Die Steigerung der Lehrqualität und Interventionen zugunsten guter Lehre im universitären Bereich sind relevante Merkmale für die zunehmende Bedeutung von Lehre im Rahmen exzellenter Wissenschaft. Das BMBF-Projekt „LeWI – Lehre, Wirksamkeit und Intervention“ untersuchte deshalb empirisch den Zusammenhang zwischen Einstellungsmustern von Lehrenden und deren Auswirkungen auf Lehre und die Studierenden. Außerdem wurde in diesem Projekt ein spezielles Coaching für Lehrende entwickelt und im universitären Alltag wissenschaftlich geprüft. Eine Zielgruppe war hier Lehrpersonal in den Ingenieurwissenschaften.

In der ersten Untersuchungsphase des Verbundprojektes wurden qualitative und quantitative Instrumente auf der Basis psychologischer, sozialwissenschaftlicher und erziehungswissenschaftlicher Theorien entwickelt und eingesetzt. Dadurch sollten die Einstellungen von Lehrenden zu ihrer Lehre, zur Bologna-Reform, zu den Studierenden, zu Gender- und Diversityaspekten und zu hochschuldidaktischen Fort- und Weiterbildungen untersucht werden. Auf Grundlage einer deutschlandweiten Online-Befragung und qualitativen Interviews mit Lehrenden an drei Universitäten wurde in der zweiten Projektphase ein individuelles, prozessorientiertes Coachinginstrument für Lehrende entwickelt und implementiert. Seit dem Sommersemester 2010 wurden diese Coachings an drei Universitätsstandorten umgesetzt.

Die Lehrenden wurden ein Semester lang begleitet und in ihren Lehrveranstaltungen gecoachert. Das zielgruppenspezifische Format bezieht sich auf die individuellen Interessen der Lehrenden und regte sie in diesem Beratungsprozess zu neuen Lehrerfahrungen an. Durch diese begleitende Beratung lernten die Lehrenden zugleich, ihre Lehre aus der Perspektive von Studierenden zu betrachten. Um die Wirksamkeit der Interventionen prüfen zu können, wurden diese auch wissenschaftlich begleitet: Das Coaching-Konzept sah mehrere Messzeitpunkte während des Semesters vor. Methodisch eingesetzt wurden Kurzinterviews, Feedbackgespräche, teilnehmende Beobachtungen sowie Befragungen der Lehrenden und Studierenden. Der Fokus des Projektstandorts TU München lag während des gesamten Projektes auf den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Hieraus werden im Folgenden die Umsetzung und die Resultate aufgezeigt.

## 1. Die Evaluation der Lehrenden: Erste Projektphase

### 1.1 Der Aufbau der ersten Projektphase

Die erste Projektphase untersuchte die Einstellungen von Lehrpersonen an deutschen Universitäten. Hierbei stand der Zusammenhang der Einstellungen der Lehrperson zu ihrer Lehre, der Studienzufriedenheit und dem Studienerfolg von Studierenden im Fokus [1, 2].

Die Erhebung in dieser ersten Phase stellte gleichzeitig die Grundlage für die Entwicklung, Durchführung und Auswertung von hochschuldidaktischen Interventionen im zweiten Projektteil dar. Die erste Projektphase bestand aus einer Online-Befragung und qualitativen, leitfadengestützten Interviews mit Lehrpersonen.

## 1.2 Deutschlandweite Online-Befragung der Lehrenden

48.400 Lehrende an 26 deutschen Universitäten wurden per E-Mail angeschrieben und um eine Teilnahme an der Online-Befragung gebeten. Es wurden sämtliche Stausebenen (Professor/innen, akademischer Mittelbau etc.) aus insgesamt sieben Fachbereichen (Geistes- und Kulturwissenschaften, Erziehungswissenschaften (incl. Sportwissenschaften), Sozial- und Wirtschaftswissenschaften (incl. Psychologie und Jura), Technische Fächer, Naturwissenschaften, Medizin und Rehabilitationswissenschaften, Mathematik und Informatik) einbezogen. Theoretischer Hintergrund der Online-Befragung war ein handlungspsychologisches Rahmenmodell, das die Ziele, die Rahmenbedingungen und die Zufriedenheit mit der eigenen Lehre untersucht [3, 4]. Die Antwortrate lag bei 16,85%. Insgesamt wurden 6.476 Fragebögen mit weniger als 10% fehlender Antworten für die Untersuchung ausgewertet. Die Resultate der Online-Befragung sollen an dieser Stelle nicht detaillierter aufgeführt oder diskutiert werden, es sei auf die Publikation des Kooperationsstandortes der Technischen Universität Braunschweig verwiesen [5, 6]. Da die quantitative Online-Befragung zeitlich vor der qualitativen Studie stattfand, konnten die Ergebnisse der repräsentativen Studie in die Entwicklung eines Interviewleitfadens einfließen. So konnten wichtige Erkenntnisse aus der Online-Studie in der qualitativen Befragung näher beleuchtet und vertieft werden.

## 1.3 Qualitative Interviews mit Lehrenden

80 Interviews mit Lehrenden wurden an drei deutschen Universitäten (TU München, TU Dortmund, Leuphana Universität Lüneburg) durchgeführt. Die Fakultäten reichten von Mathematik, Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik und Physik bis hin zu Pädagogik und Soziologie. An der TU München wurden in dieser Phase Interviews mit Lehrenden der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge durchgeführt. Die Interviews wurden sehr früh im Projekt implementiert, um Ergebnisse zu gewinnen, die für die darauf folgenden Interventionen hilfreich waren. In den Interviews wurden die Lehrenden zu ihren Einstellungen und Meinungen zu folgenden Themengebieten gefragt: Die eigene Lehre (Ziele, Zufriedenheit, Rahmenbedingungen etc.), Gender und Diversity (Wahrnehmung, Relevanz und Umsetzung in der Lehre etc.), dem Bologna-Prozess (Veränderungen im Zuge des Prozesses etc.), den Studierenden (Kenntnisstand, Leistungsbereitschaft etc.) und hochschuldidaktischen Fort- und Weiterbildungen (Gründe für (Nicht-)Teilnahme, Barrieren etc.). Die Interviews wurden transkribiert und anhand der Grounded Theory [7] sowie weiteren sozialwissenschaftlichen Theorieansätzen, darunter der Neoinstitutionalismus, das Feld-Habitus-Konzept von Bourdieu und die universitätsbezogene Frauen- und Geschlechterforschung (z.B. Doing Gender, (De-)Konstruktivismus) [8, 9, 10, 11, 12] ausgewertet, intersubjektiv verglichen und analysiert.

Wichtig für die Entwicklung der Interventionen in der zweiten Projektphase war insbesondere auch die Einstellung zu hochschuldidaktischen Fort- und Weiterbildungen. Bezüglich der Teilnahme bzw. Nicht-Teilnahme an diesen Angeboten kristallisierten sich einige Punkte heraus, die für fast alle Lehrenden in ingeni-

eurwissenschaftlichen Fakultäten von Bedeutung sind: Eine Teilnahme wird insbesondere durch die generelle Lust am Lehren und das Interesse an aktivierenden und neuen Lehrformaten befördert. Die größte Barriere für eine Teilnahme stellt aus Sicht der Lehrenden die zeitliche Ressource dar. Gleichzeitig wird jedoch auch ersichtlich, dass die Interviewten tendenziell bereit sind sich weiterzubilden, es jedoch an disziplinspezifischen Angeboten fehlt. Viele (universitätsinterne) Fort- und Weiterbildungsangebote sind für sie zu unspezifisch, zu unpersönlich oder zu wenig auf die eigene Lehre und die eigene Disziplin abgestimmt. Des Weiteren wurden in den Interviews mehrere Aspekte deutlich, die auch auf die Entwicklung der Interventionen in der zweiten Projektphase großen Einfluss hatten: Erstens haben die Lehrenden kein Interesse an einer Weiterbildung in Gruppen, sondern möchten individuell gefördert werden. Zweitens möchten die Lehrenden nicht nur einen Input (z.B. Workshop in den Semesterferien) haben, sondern über einen längeren Zeitraum begleitet werden, damit sie systematisch Feedback bekommen und Veränderungen sichtbar werden können. Diese Einstellungen und Interessen der Lehrenden wurden bei der Entwicklung und Implementierung der hochschuldidaktischen Interventionen beachtet und umgesetzt. Insgesamt gesehen stellen sich die Einstellungen der Lehrpersonen zur Lehre sehr heterogen dar und es lassen sich große Unterschiede zwischen den einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten feststellen. Die weiteren Ergebnisse zu den einzelnen Aspekten (Einstellung zur Lehre, zu den Studierenden, zu Gender und Diversity und zum Bologna-Prozess) können in den Veröffentlichungen des Verbundprojektes eingesehen werden [13, 14, 15, 16, 17].

## **2. Die hochschuldidaktischen Interventionen: Zweite Projektphase**

### **2.1 Design und Umsetzung des Coachings**

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, bestand das LeWI-Coaching aus mehreren Mess- und Beobachtungszeitpunkten. Abbildung 1 stellt das LeWI-Coaching für eine Person über ein Semester und für eine Lehrveranstaltung dar. Vor Beginn des Semesters wurden Vorgespräche und kurze Interviews mit den Lehrenden geführt (T0). Dabei wurden die Rahmenbedingungen und die allgemeinen Ziele des Coachingprozesses festgelegt. Während des Semesters wurde, ohne die Lehrperson vorab zu coachen, eine Lehrveranstaltung teilnehmend beobachtet und standardisierte Fragebögen an die Lehrperson und die Studierenden nach der Veranstaltung ausgegeben (T1). Dies diente dazu zu sehen, wie eine „normale“ Veranstaltung der Lehrperson abläuft. Zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 (zwischen den einzelnen Zeitpunkten lagen meist 3 Wochen) wurde die Lehrperson gecoacht. Sie sollte insgesamt drei Ziele formulieren, die sie in der nächsten Lehrveranstaltung verbessern, optimieren oder ausprobieren möchte. Den Lehrenden wurden somit keine Punkte vorgegeben, die zu verbessern sind, sondern sie sollten selbst Wünsche äußern. Die Lehrenden bekamen daraufhin Hilfe und Unterstützung bei der Umsetzung ihrer Interessen. Zur Lehrveranstaltung T2 wurden die Aspekte, die im Coaching besprochen wurden, implementiert. Wiederum wurde die Lehrveranstaltung teilnehmend beobachtet und durch Fragebögen erfasst. Um zu sehen, ob die Lehrperson die besprochenen Punkte auch weiterhin umsetzt oder nicht, wurde wiederum nach ca. drei Wo-

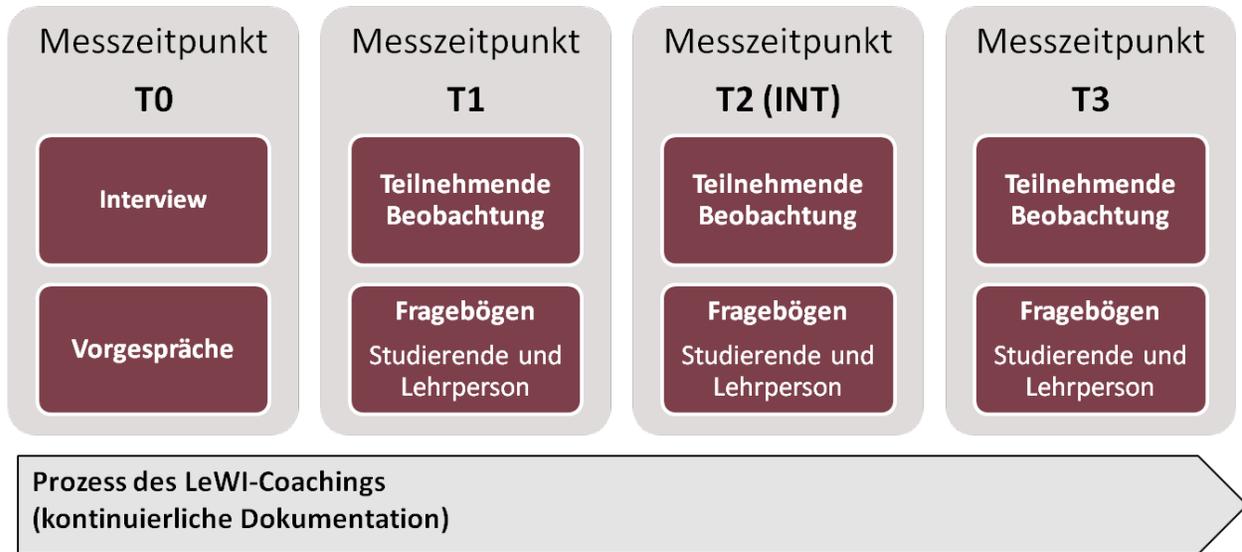


Abb. 1: Design des LeWI-Coachings

chen eine Lehrveranstaltung ohne vorheriges Coaching besucht (teilnehmende Beobachtung und Fragebögen). Nach jeder Lehrveranstaltung gab es mit der Lehrperson ein Feedbackgespräch, in der auch die vorläufigen Ergebnisse der Studierendenbefragung transparent gemacht wurden. Der gesamte Prozess wurde somit durch unterschiedliche Untersuchungsmethoden wissenschaftlich begleitet.

## 2.2 Beispiel: Ergebnisse eines Coachings

Im Wintersemester 2010/2011 wurde das LeWI-Coaching mit einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin einer ingenieurwissenschaftlichen Fakultät durchgeführt. Bei der Lehrveranstaltung handelte es sich um ein Seminar, an dem insgesamt ca. 20 Studierende teilnahmen. Die

Lehrveranstaltung fand in einem großen Seminarsaal statt. Der Raum hat Platz für insgesamt 60 Personen, die Tische konnten z.B. für Gruppenarbeit verschoben werden. Die technische Ausstattung des Raumes war sehr gut - Tafel, Beamer, Laptop, Tageslichtprojektor, Fernseher waren vorhanden. In den ersten beiden Gesprächen vor Beginn des Wintersemesters 2010/11 formulierte die Lehrende insgesamt drei Ziele für das LeWI-Coaching: Erstens wollte sie eine stärkere Aktivierung der Studierenden in der Lehrveranstaltung, da die „normalen“ Seminare meist als Frontalunterricht gestaltet sind und die Studierenden nur ab und zu mit Fragen oder Diskussionsanregungen konfrontiert wurden (und dann auch eher rhetorisch). Die Lehrende wollte nicht mehr selbst im Zentrum der Veranstaltung stehen, sondern die Studierenden zu mehr Eigenaktivität in der Auseinandersetzung mit den Inhalten anregen.

Zweitens wurde als konkreter Punkt für das Coaching „Hilfe bei der Umsetzung von mehr Projekt- bzw. Problemorientierung in der Lehrveranstaltung“ genannt. Und Drittens wollte die Lehrende Gruppenarbeit in der Lehrveranstaltung einsetzen und wünschte sich dafür Anregungen und Hilfen. Insgesamt war sie dazu bereit, ihre Lehrveranstaltung umzustrukturieren. Die Lehrende wurde demnach zu folgenden Themen gecoacht:

- Aktivierung der Studierenden zur verbesserten inhaltlichen Auseinandersetzung
- Gruppenarbeit zur Stärkung sozialer Kompetenzen
- Problembasiertes und projektorientiertes Arbeiten

Die Wirksamkeit des LeWI-Coachings wurde durch eine standardisierte Befragung der Lehrenden und der Studierenden (nach der Veranstaltung) und durch eine teilnehmende Beobachtung wissenschaftlich begleitet. Es konnten Veränderungen durch die Implementierung der Interventionen erreicht und sichtbar gemacht werden, sowohl auf der Ebene der Lehrenden (vgl. Kapitel 2.2.1) als auch der Studierenden (vgl. Kapitel 2.2.2).

### **2.2.1 Befragung der Lehrenden**

Durch das Coaching wurde die Lehrende sowohl methodisch-didaktisch wie auch strukturell hinsichtlich ihrer Lehrveranstaltung beraten. Eine Aktivierung der Studierenden, die Arbeit in Gruppen, sowie eine Projekt- bzw. Problemorientierung konnten realisiert werden. Wie in Abbildung 2 deutlich zu sehen ist, erhöhte sich die wahrgenommene Selbstwirksamkeit der Lehrenden durch das Coaching. Diese bereichsspezifische Selbstwirksamkeitserwartung thematisiert die Kompetenzerwartungen von Lehrenden im Umgang mit ihren beruflichen Anforderungen. Parallel dazu erhöhten sich etwa in gleichem Maße die persönlichen Kompetenzen,

die sich die Lehrende zuschreibt. Interessante Effekte zeigen sich darüber hinaus bei der Auswertung der Einstellung der Lehrenden, insbesondere hinsichtlich der Kategorie Arbeitsbelastung. Hier lassen sich zu den Messzeitpunkten T2 und T3 geringfügige Abweichungen feststellen: Die Lehrende bewertet die Belastung nach der Implementierung der Intervention höher als davor. Im Feedbackgespräch wurde deutlich, dass dies für die Lehrende insbesondere damit zusammenhing, dass sie mehr Zeit mit der Vorbereitung der Veranstaltung verbrachte als normalerweise. Gleichzeitig gab es für sie kleinere Unsicherheiten bei der Umsetzung der Interventionen, was Stress hervorrief. Die Lehrende veränderte zudem ihre Einstellung zu den Studierenden (das Verhältnis zu den Studierenden wurde positiver wahrgenommen und eine positive Beteiligung der Studierenden an der Lehrveranstaltung wurde vermehrt angegeben) und konnte insbesondere die Zufriedenheit mit der eigenen Lehrtätigkeit erhöhen. In den Gesprächen nach dem Ende des Coachingprozesses gab die Lehrende an, dass diese beiden Kategorien für sie sehr eng miteinander verknüpft seien: Eine höhere Beteiligung der Studierenden in der Lehrveranstaltung (als ein Beispiel-Item aus der Skala „Wahrnehmung der Studierenden“) steht für sie in Wechselwirkung zur eigenen Zufriedenheit mit der Lehre.

Die Lehrende gab an, dass die durchgeführten Interventionen effektiv für beide Seiten (sich selbst und für die Studierenden) gewesen seien. An manchen Stellen gab es Unsicherheiten bzw. Nervositäten bezüglich der Umsetzung, weil es etwas Neues, Ungewohntes war. Das Coaching hat ihr insgesamt sehr viel Freude bereitet, allerdings gab sie an, auch sehr viel Zeit dafür investiert zu haben. Aus diesem Grund möchte sie zwar auch in Zukunft Aspekte des Coachings in ihre Lehrveranstaltungen implementieren, allerdings stufenweise.

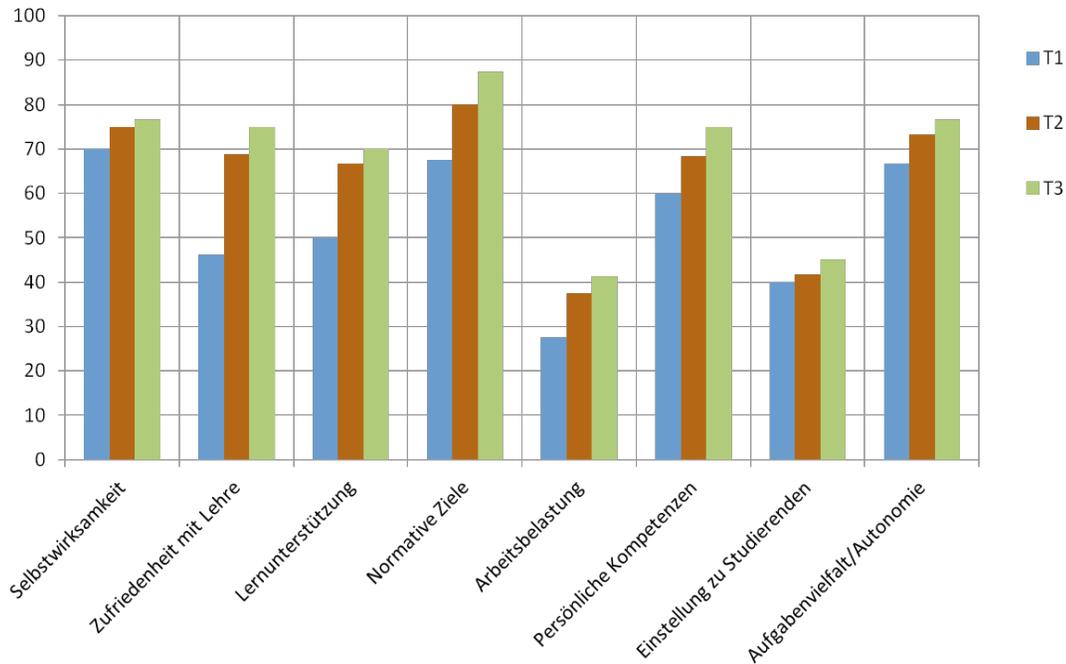


Abb. 2: Ergebnisse der Befragung der Lehrperson

### 2.2.2 Befragung der Studierenden

Die Aktivierung der Studierenden, das Arbeiten in Gruppen und die Fokussierung auf Projektarbeit bzw. problemorientiertes Lernen ergaben auch Veränderungen bei den Einstellungen der Studierenden (vgl. Abbildung 3). Insbesondere die Sicht der Studierenden auf die Effektivität der Lehrveranstaltung wurde durch die Implementierung der Intervention positiv erhöht. Die Effektivität erfasste in der Selbsteinschätzung, ob die Studierenden etwas in der Veranstaltung lernen kön-

nen. Das bedeutet, die Studierenden gaben in diesem Fall an, dass sie erstens viel und zweitens etwas Wichtiges und Sinnvolles in der Lehrveranstaltung lernen. Weiterhin zeigte sich eine positive Entwicklung im Hinblick auf den wahrgenommenen Erwerb von Wissen und Verständnis als intrinsische Motivation innerhalb der Lehrveranstaltung. Insbesondere das Verständnis bzw. die Vernetzung von Wissen und Fähigkeiten stand im Zentrum der Orientierung auf projektbasiertes und problemorientiertes Lernen.

Die neue didaktisch-methodische Ausrichtung der Lehrveranstaltung führte des Weiteren dazu, dass sich die Studierenden verstärkt mit den Inhalten der Lehrveranstaltung auseinandersetzen. Diese verstärkte Auseinandersetzung wurde sowohl durch die Befragung der Studierenden, wie auch durch die teilnehmende Beobachtung deutlich: Die Studierenden gaben an, dass die Lehrperson es mehr verstand, sie zur Mitarbeit anzuregen und tendenziell eher zur kritischen Auseinandersetzung mit den behandelten Themen anregte.

Gleichzeitig wurde durch die Beobachtung deutlich, dass die Lehrperson versuchte, die Studierenden dazu anzuregen, über die praktische Anwendbarkeit theoretischen Wissens nachzudenken. Obwohl die Lehrende vor der Implementierung der Intervention Bedenken hatte, dass die Studierenden in der Veranstaltung aufgrund der Umstrukturierung zwar mehr Kompetenzen in Richtung Teamwork etc. erlernen, dies jedoch zu Lasten der Inhalte gehe, zeigte sich bei der Befragung der Studierenden ein anderes Resultat.

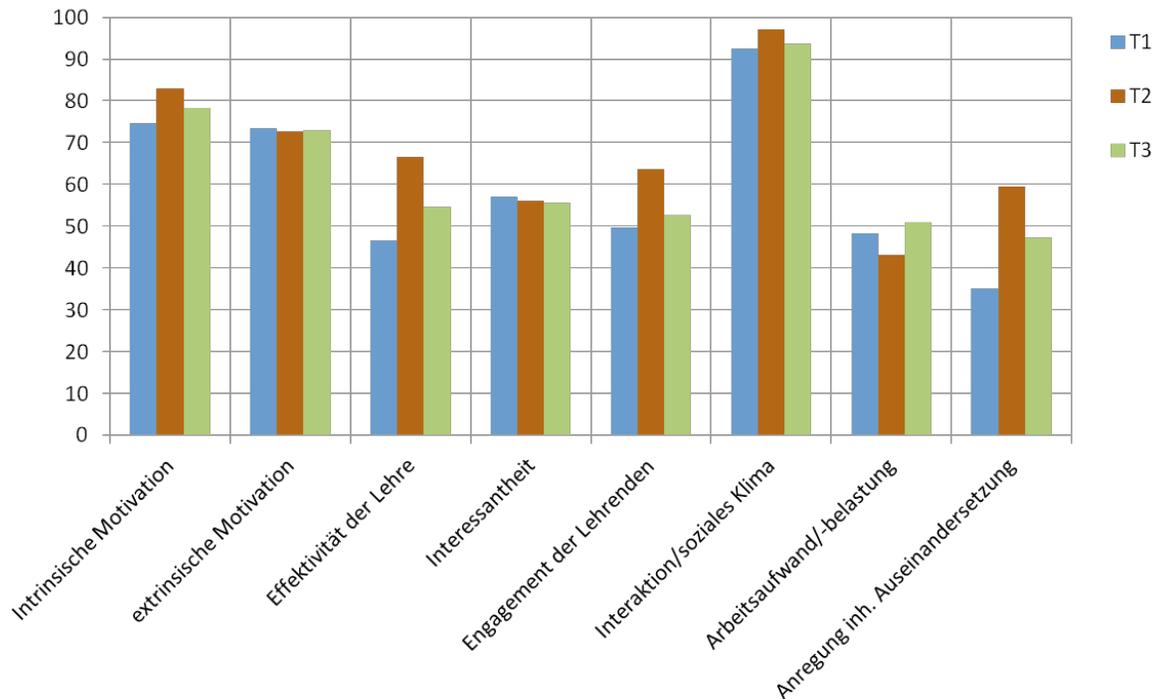


Abb. 3: Ergebnisse der Befragung der Studierenden (n=18)

Sowohl die Einschätzung der Studierenden zur Effektivität der Lehre, wie auch zur Anregung zur inhaltlichen Auseinandersetzung bestätigen dies. Im Feedbackgespräch, das mit den Studierenden am Ende des Semesters geführt wurde, ergab sich ein weiterer Hinweis darauf, dass die Quantität und Qualität der vermittelten Inhalte nicht unter der didaktischen Veränderung der Lehrveranstaltung litt: Die Studierenden gaben an, dass sie aus ihrer Sicht mehr gelernt haben durch die „... vertiefte Behandlung von konkreten Problemstellungen und nicht wie sonst ein oberflächlicher und kurzer Einblick in zu viele Sachen“. Die Studierenden fanden es demnach gut, ein Themengebiet detailliert zu betrachten und zu behandeln und ihr Wissen an diesem Beispiel konkret anzuwenden.

### 3. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Interventionen dokumentieren eine Vielzahl an Veränderungen (z.B. bezogen auf die Zufriedenheit der Lehrenden und Studierenden): Die

Interaktion zwischen Studierenden und Lehrenden und die Lehratmosphäre werden verbessert; die Studierenden werden verstärkt aktiviert; die Lehrenden können Lernfortschritte der Studierenden erkennen und besser einschätzen, was (nicht) verstanden wurde. Allerdings benötigt es auch Zeit auf beiden Seiten, bis die Lehrenden ihr Lehrkonzept nachhaltig ändern bzw. bis die Studierenden sich auf diese Veränderungen einlassen.

Das hier dargelegte Vorgehen stellt aufgrund des Projektaufbaus und der Entwicklung der Interventionsinstrumente einen neuartigen Ansatz hochschuldidaktischer Interventionen dar, auch weil die empirischen Analysen zum Zusammenhang von Lehren und Lernen in der akademischen Lehre als vergleichende Untersuchung in unterschiedlichen Hochschulen und Kontexten angelegt wurden. Sie ergänzen sinnvoll die studentischen Veranstaltungsevaluationen. Zudem tragen die Ergebnisse in mehrfacher Hinsicht zur Qualitätssicherung der Lehre bei, da sie mit den kooperierenden Lehrenden und Fakultäten rückgekoppelt werden.

### Autorinnen und Autoren

**Wolfram Schneider** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Gender Studies in Ingenieurwissenschaften, TU München // wolfram.schneider@tum.de

**Univ.-Prof. Dr. Susanne Ihsen** | Lehrstuhlinhaberin // Gender Studies in Ingenieurwissenschaften, TU München // ihsen@tum.de

### Literaturverzeichnis

- [1] Braun, E., Hannover, B. (2008), Zum Zusammenhang zwischen Lehr-Orientierung und Lehr-Gestaltung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10. Jg. Sonderheft 9/2008, S. 277-291
- [2] Heise, E., Hasselhorn, M., Hager, W. (2008), Lehrevaluation, Lehrveranstaltungszufriedenheit und Leistung. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 50, S. 43-57.

- [3] Westermann, R., Spies, K., Heise, E., Wollburg-Claar, S. (1998), Bewertung von Lehrveranstaltungen und Studienbedingungen durch Studierende: Theorieorientierte Entwicklung von Fragebögen. *Empirische Pädagogik*, 12, S. 133-166.
- [4] Coffes, M., Gibbs, G. (2002), Measuring teachers' repertoire of teaching methods. In: *Assessment & Evaluation in Higher Education*, Vol. 27 (49), S. 383-390
- [5] Heise, E., Zaepernick-Rothe, U. (in Druck), Zufriedenheit von Lehrenden an deutschen Universitäten mit ihrer Lehrtätigkeit. *Die Hochschule – Journal für Wissenschaft und Bildung*
- [6] Strauss, A., Corbin, J. (1996), *Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Psychologie Verlags Union
- [7] Zaepernick-Rothe, U. & Heise, E. (2010). Zufriedenheit von Hochschullehrenden mit ihrer Lehrtätigkeit. In Petermann, F, Koglin, U. (Hrsg.), 47. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Lengerich: Pabst, S. 454
- [8] Braun, E., Hannover, B. (2008), Zum Zusammenhang zwischen Lehr-Orientierung und Lehr-Gestaltung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10. Jg. Sonderheft 9/2008. S. 277-291
- [9] Bortz, J., Döring, N. (2006), *Forschungsmethoden und Evaluation*. Springer Verlag, Heidelberg
- [10] Diekmann, A. (2007), *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*, Berlin.
- [11] Lamnek, S. (2005), *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim/ Beltz Verlag, Basel
- [12] Wiesner, H., Kamphans, M., Schelhowe, H., Metz-Göckel, S., Zorn, I., Drag, A., Peter, U., Schottmüller, H. (2004), *Leitfaden zur Umsetzung des Gender Mainstreaming in den „Neuen Medien in der Bildung-Förderbereich Hochschule“*, Bremen/ Dortmund
- [13] Kamphans, M., Funger, A. (2009), Welche Einstellungen haben Lehrende zur Lehre? In: *Journal Hochschuldidaktik*, 20.Jg. Nr. 1, Dortmund, S. 22 - 25
- [14] Kamphans, M., Funger, A., Ernst, C. (2010), Welche Einstellungen haben Lehrende zur Lehre? In: Cremer-Renz, C., Jansen-Schulz, B. (Hrsg.), *Innovative Lehre - Grundsätze, Konzepte, Beispiele der Leuphana Universität Lüneburg*. Bielefeld: Universitätsverlag Webler, S. 22-25

- [15] Block, B.-M. (2011), Fachbezogene Hochschuldidaktik: Forschung und Lehre im Dialog. In: Dudeck, A., Janzen-Schulz, B. (Hrsg.), Hochschule entwickeln. Baden-Baden: Nomos, S. 185–201
- [16] Ihsen, S., Schneider, W. (2011), Generic examples of the effectiveness of higher education coaching based on the attitudes of teaching staff at German (Technical) universities. In: Bernadino, J., Quadrado, J. C. (Hrsg.), Proceedings of International SEFI Annual Conference 2011, Lisbon, S. 165-170
- [17] Schneider, W., Ihsen, S. (2012), The effectiveness of interventions from the perspective of teachers and students in the field of engineering education at universities in Germany. In: Avdelas, A. (Hrsg.), Proceedings of International SEFI Annual Conference 2012, Thessaloniki, S. 164-165

---

# Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung

## IRT-basierte und qualitative Studien bezogen auf Mathematik und ihre Verwendung im ingenieurwissenschaftlichen Studium

### – KoM@ING

#### Einleitung

Anders als in anderen Zweigen der Bildungsforschung mangelt es in der Forschung zur Hochschulbildung an Konzepten, die sich paradigmatisch am Kompetenzkonzept orientieren. Insbesondere wissenschaftsorientiertes und wissenschaftliches Lehren und Lernen als Kompetenzentwicklung sind nach wie vor unterstrukturiert.

Dieser Befund ist der Ausgangspunkt der seit 2012 vom BMBF geförderten Hochschulforschung in der Förderlinie „Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor“.

Die Bildungsforschung bearbeitet im Mainstream das Lehr- und Lerngeschehen paradigmatisch auf Basis des Konstrukts „Kompetenz“. Sie verbindet mit dem Blick auf beobachtbare Outcomes vor allem die Erwartung, aus der Beobachtung von „kompetentem“ Verhalten, auf Dispositionen schließen zu können, die das Lernen und den Lernerfolg (wissensorientiert, handlungsorientiert, auf gesteigerte Performanz zielend) dokumentieren oder strukturieren. Referenz sind insbesondere in der Berufsbildungs- und Schulforschung entwickelte und favorisierte Forschungskonzeptionen und Methodendesigns.

Im Zentrum des im Folgenden beschriebenen Projektvorhabens KoM@ING stehen Kompetenzmodellierung, Kompetenzentwicklung und Kompetenzerfassung bezogen auf die Elektrotechnik und den Maschinenbau. Ziele im Besonderen sind empirisch basierte Beiträge

- einerseits auf der Grundlage psychometrischer, testtheoretisch gestützter Modellierungen (Item-Response-Theorie (IRT)) zentraler Felder ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge (Höhere Mathematik (HM), Technische Mechanik (TM), Konstruktionstechnik (KT), Werkstofftechnik (WT),
- andererseits auf Basis von qualitativen Studien zu relevanten Entwicklungsbedingungen bezogen auf Mathematik und ihre Verwendungen in diesen zentralen Gegenstandsfeldern der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge Elektrotechnik und Maschinenbau. Zentraler Ausgangspunkt hier ist die Kompetenz des mathematischen Modellierens. Dabei stellt die an den Hochschulen übliche curriculare Konzeption und Trennung in mathematische und ingenieurwissenschaftliche Lehrveranstaltungen und darauf aufbauende Lernkonzepte eine besondere Herausforderung für die angestrebte Kompetenzmodellierung dar.

Die Ingenieurausbildung in Deutschland wird weltweit geschätzt und gilt in vielen Hinsichten als Beispielgebend. Ohne sich hierzu im Widerspruch zu befinden, werden von Lehrenden und Studierenden in der Praxis vielfach auch Defizite genannt. Studierende benennen Motivationsprobleme, u.a. wegen nicht erkennbarer Bezüge innerhalb der Ausbildung (Problem des „constructive alignments“) und zur Berufspraxis (Kompetenzanforderungen mit Ausrichtung auf „Employabilität“). Beklagt werden die Asynchronität mathematischer und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, die mangelnde Verwendungsfähigkeit des in den Mathematikvorlesungen erworbenen Wissens (mathematische Formalisierungsstrategien als Zentrum ingenieurwissenschaftlichen Studierens), hohe Abbruchquoten, die nicht zuletzt auf dem Scheitern der Studierenden in den Mathematikvorlesungen und den mathematikhaltigen Lehrveranstaltungen der Ingenieurwissenschaft im ersten Studienjahr beruhen („conceptual change“ von der Schulmathematik zur universitären Mathematik), um einige zu nennen.

Jenseits von Defiziten sind die Fragen danach, was Ingenieurkompetenz ist und wie man sie erlangt, das Ingenieurstudium also kompetent macht, virulent. Wer was, wie und mit welchem Erfolg in den Ingenieurwissenschaften studiert, bleibt also Thema. Expertinnen und Experten mögen sich auf Inhalte und Ziele gut verständigen können. Wie kompetentes Verhalten möglich und von Studierenden erlernt wird, bleibt weitgehend offen – und ist vor allem bezogen auf den akademischen Zchnitt der Ausbildung unterstrukturiert.

Genauso wenig wie für Modellierungen zur Fachkompetenz für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge liegen für die Mathematik der Ingenieurwissenschaften bisher Kompetenzmodellierungen und Instrumente der

Kompetenzerfassung vor. Im hier beschriebenen Projekt KoM@ING wird substitutiv auf Kompetenzmodelle oder auf Referenzprojekte aus anderen Bereichen Bezug genommen, die sich der Erfassung mathematischer Kompetenz widmen. Der Gewinn wird vor allem in der angestrebten Multiperspektivität erwartet, neuere Arbeiten zeigen einen besseren Modellfit für mehrdimensionale Modelle.

Es werden zwei Forschungszugänge, ein quantitativ ausgerichteter, IRT-basierter und ein vornehmlich qualitativer, prozessanalytischer parallel verfolgt und in drei Teilprojekten in vielfältiger Weise miteinander verschränkt. Dadurch werden die jeweiligen Stärken der Ansätze genutzt und zugleich die den Ansätzen eigenen Begrenzungen kompensiert. Im Sinne einer anwendungsbezogenen Grundlagenforschung sollen Grundlagen für eine Kompetenzdiagnostik geschaffen werden, die u. a. als Basis für die Gestaltung und Evaluation von Lehrinnovationen dienen kann. Dies wird für eine anschließende zweite Förderphase ins Auge gefasst. In den drei Teilprojekten werden unterschiedliche Phasen des Studiums in den Blick genommen. So beziehen sich die Kompetenzmodellierungen exemplarisch auch auf fortgeschrittene Lehrveranstaltungen, wie beispielsweise das Projekt- oder Laborlernen, in denen Teilkompetenzen insbesondere zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme integrativ eingesetzt werden müssen. Außerdem sind IRT-basierte Modellierungen für Ingenieurmathematik, Technische Mechanik, Werkstoffkunde und Konstruktionstechnik vorgesehen.

## 1. Stand der Forschung

### 1.1 Forschungsstand zur Mathematik der Ingenieurwissenschaften

Für die Mathematik der Ingenieurwissenschaften liegen bisher keine Kompetenzmodellierungen und Erfassungs- oder Messinstrumente vor. Beschrieben werden vor allem Lernziele und Lernzieltaxonomien [1], die sich auf das Assessment von Higher Education Learning Outcomes (AHELO) beziehen. Für den Übergang Schule–Hochschule kann auf das Kompetenzmodell der Bildungsstandards für das Fach Mathematik (Anforderungsbereiche, Leitideen, Kompetenzen) zurückgegriffen werden [2],[3]. Zur theoriegeleiteten Herleitung eines umfassenderen Kompetenzmodells kann auf Referenzprojekte Bezug genommen werden, die sich der Erfassung mathematischer Kompetenz widmen, wie die Studie TEDS-M zur Entwicklung der Fachkompetenzen angehender deutscher Mathematiklehrkräfte [4] oder das Projekt COACTIV zur Modellierung der professionellen Kompetenz Mathematiklehrender [5]. Das Projekt orientiert sich an drei Phasen des Studiums (Studieneingangsphase, Grundstudium, späte Bachelor / frühe Masterphase).

Im Hinblick auf den ingenieurwissenschaftlichen Kontext ist ein zentraler Ausgangspunkt die Kompetenz des mathematischen Modellierens [6]. Die hier erforschten Facetten müssen auf den situierten Einsatz bei der Bearbeitung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen angepasst werden. Die vorzunehmende Aufgabenanalyse soll in einem Kompetenzmodell abgebildet werden, das verschiedene Kompetenzen und Themenbereiche umfasst [7].

Das Projekt KoM@ING schließt an Kompetenzauffassungen der empirischen Bildungsforschung [8], die Methodologie der Kompetenzmodellierung und –messung in tertiären Bildungssegmenten [9],[10], normative sowie hochschul- und bildungspolitisch relevante Kompetenzrahmenmodelle (Europäischer Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (EQR) und „Deutscher Qualifikationsrahmen“ (DQR)) an, um diese für die universitäre Fachausbildung weiter auszdifferenzieren und in einer domänenbezogenen Form neu zu fassen und zu strukturieren. Die internationale Diskussion befasst sich außerdem mit der Frage, wie viel und welche Mathematik die Studierenden der Ingenieurwissenschaften auf welche Weise lernen sollen [11],[12],[13],[14],[15],[16]. Weitere Arbeiten thematisieren die Form der Gestaltung mathematikhaltiger Lehrveranstaltungen in den Ingenieurwissenschaften [17],[18],[19],[20], die Schwierigkeiten bei der Aneignung mathematischen Wissens [21] und beim Erlernen neuer Denkmuster [22], welche sich als Folge verschiedener Lehr- und Lernstile [23],[24],[25] ergeben. Lernstrategien von Studierenden wurden untersucht [26],[27],[28]. Auch geschlechtsspezifische Unterschiede in der Selbstwahrnehmung mathematischer Fähigkeiten sind bereits untersucht [29].

### 1.2 Forschungsstand zu ingenieurwissenschaftlichen Fachkompetenzen

Modellierungen zur Fachkompetenz auf IRT-Basis liegen für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge nicht vor. In gegenwärtig laufenden Arbeiten, die im OECD Kontext angesiedelt sind, wird versucht „Ingenieurkompetenz“ domänenübergreifend zu modellieren [30], was u.E. nur begrenzt zielführend sein wird, da im Bereich nichtakademischer Berufsausbildung einerseits starke Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der

fachspezifischen Problemlösefähigkeit bestätigt wurden [31],[32] und andererseits eine gegenwärtig noch laufende Studie, die ebenfalls im Bereich beruflicher Ausbildung angesiedelt ist, nur moderate Korrelationen zwischen allgemeiner bzw. dynamischer Problemlösefähigkeit [33] und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit erbrachte [34]. Zur Erklärung der fachspezifischen Leistungen kommt in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen den Abitur- und Mathematiknoten hohe Bedeutung zu [35],[36], fachspezifische Tests erbringen in der Regel zusätzliche Beiträge zur Varianzaufklärung [37]. In einer Reihe von Studien wurden auch differentielle Effekte verschiedener Lehr- Lernarrangements bestätigt [38], wobei die Befundlage allerdings eher für geringe Effektstärken methodischer Arrangements spricht.

Angesichts der Forschungslage zur Kompetenzmodellierung im tertiären Bereich [39] scheint es angezeigt, zunächst strukturelle Parallelen zwischen dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich und der gewerblich-technischen Berufsbildung unterhalb der akademischen Ebene zu unterstellen. Zur Strukturmodellierung beruflicher Fachkompetenz lassen sich im Bereich beruflicher Bildung domänenübergreifend das Fachwissen und die Fähigkeit, dieses Fachwissen in wechselnden und problemhaltigen Situationen anzuwenden, als je eigene Kompetenzdimensionen bestätigen [40],[41],[42],[43]. Während in älteren Studien das Fachwissen meist eindimensional skaliert wurde, zeigen neuere Arbeiten im Metall- und Elektrobereich einen besseren Modellfit für mehrdimensionale Modelle [44],[45]. Für das Projekt scheinen auch im beruflichen Bereich identifizierte Effekte curriculärer Schwerpunktsetzungen auf die Modellierungsergebnisse relevant. Angesichts der großen curricularen Freiheiten im Hochschulbereich sprechen diese Effekte für eine systematische Kontrolle der cur-

ricularen Gewichte. Ob auch im Anwendungsbereich des Wissens mehrdimensionale Modelle einen besseren Modellfit als eindimensionale Modelle aufweisen ist bisher nicht untersucht, aber hoch wahrscheinlich.

Im Bereich der Höheren Mathematik muss ebenfalls an Vorarbeiten zur Modellierung mathematischer Fähigkeiten in anderen Segmenten angeknüpft werden, da bisher für diese eher anwendungsorientierten Zugschnitte keine Modellierungen vorgenommen wurden. Zur Höheren Mathematik finden sich in der Literatur lediglich deskriptive Längsschnittdaten zu mathematischen Prüfungsleistungen im Studienverlauf [46], die allerdings auf Klausuren basieren und somit kaum wissenschaftliche Gütekriterien erfüllen. Besser untersucht sind die Schwierigkeiten von Studierenden im Fach Mathematik zu Beginn ihres Ingenieursstudiums [47],[48]. In diesem Zusammenhang wurden in verschiedenen Ländern über mehrere Jahre Mathematikleistungen von Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge im ersten Semester erhoben und aufgezeigt, dass bei gleichen Testaufgaben die Leistungen der Studierenden im ersten Semester kontinuierlich abnahm [49].

## 2. Zielsetzungen der qualitativen Forschung

Studierende der Ingenieurwissenschaften erwerben mathematische Kompetenzen in ihrem Studium in zwei Kontexten: in der „Höheren Mathematik für Ingenieure“ und situiert in Lehrveranstaltungen ihres Faches, insbesondere im Rahmen theoriehaltiger Lehrveranstaltungen wie Grundlagen der Elektrotechnik oder Technische Mechanik. In höheren Lehrveranstaltungen wird von Studierenden erwartet, dass sie diese Kompetenzen integrativ zur Beschreibung ingenieurwissen-

schaftlicher Phänomene bis zur Problemlösung verwenden können, z.B. in Projekten, Laboren und Praktika.

Die Asynchronizität mathematischer und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung wird seit Langem beklagt, ebenso die mangelnde Verwendungsfähigkeit des in den Mathematikvorlesungen erworbenen Wissens. Hohe Abbruchquoten beruhen nicht zuletzt auf dem Scheitern der Studierenden in den Mathematikvorlesungen und den mathematikhaltigen Lehrveranstaltungen der Ingenieurwissenschaft im ersten Studienjahr. Studierende benennen Motivationsprobleme in den Mathematikvorlesungen, weil der Bezug zum ingenieurwissenschaftlichen Studium nicht hinreichend sichtbar ist.

Andererseits handelt es sich bei der Mathematik um einen Wissensbestand *sui generis*, der in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung nicht nur situativ oder begleitend erlernt werden kann. Das Projekt geht davon aus, dass das teilweise „Out-Sourcing“ mathematischer Kompetenzentwicklung keineswegs nur überkommener universitärer Arbeitsteilung zu verdanken ist, sondern auch eine epistemologische Grundlage in der Mathematik hat, die eine Herausforderung sowohl für die theoretische Kompetenzmodellierung als auch für Lehrinnovationen in der ingenieurwissenschaftlichen Mathematikausbildung darstellt. Dies gilt es eingehender im Hinblick auf zwei Perspektiven zu analysieren.

Wie bereits erwähnt, stellt die Trennung in mathematische und ingenieurwissenschaftliche Lehrveranstaltungen eine große Herausforderung für die Kompetenzmodellierung dar. Vor diesem Hintergrund sollen in einem teilweise eng mit quantitativen Analysen verknüpften qualitativen Zugang zunächst die Teilkompetenzen modelliert werden, die in der Mathematik für

Ingenieure einerseits und in den mathematikhaltigen Lehrveranstaltungen der Elektrotechnik und des Maschinenbaus andererseits aus curricularer Perspektive erwartet und tatsächlich bei Studierenden entwickelt werden. Die modellierten Teilkompetenzen werden anschließend in einem integrativen Gesamtmodell aufeinander bezogen.

Erwartet werden insbesondere Aufschlüsse darüber, wie die Schnittstelle zwischen Mathematik für Ingenieure und Mathematik in den Ingenieurwissenschaften besser gestaltet werden kann. Das situierte „mathematische Modellieren“ stellt dabei die zentrale Kompetenzerwartung dar. Insbesondere ist zu klären, wie Studierende die zunächst theoretisch erlernte Mathematik an Anforderungen einer ingenieurmathematischen Mathematikverwendung anpassen müssen und welche technischen und mathematischen Kompetenzfacetten hierbei in welcher Form zur Bearbeitung verschiedener Aufgaben benötigt werden.

Vor dem Hintergrund eines Rahmenmodells zur Struktur und zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen und ihrer Verwendung in den Ingenieurwissenschaften soll zunächst für die jeweiligen Domänen und Studienphasen mithilfe von Curriculums- und Aufgabenanalysen sowie Expertenbefragungen analysiert und bestimmt werden, welche Erwartungen an die Studierenden im Hinblick auf eine mathematikbezogene Kompetenzentwicklung in den verschiedenen Studienfächern und Lehrveranstaltungen gestellt werden. Für die Verwendung mathematischer Begriffe und Handlungsweisen in der Elektrotechnik, insbesondere im Bereich Signale und System, rekuriert das Kompetenzrahmenmodell ergänzend auf den epistemologischen Ansatz der Anthropologischen Theorie der Didaktik (ATD) [50]. Dieser Ansatz erlaubt es, die Praxis

etablierter Handlungszusammenhänge und deren inhärente Logik in verschiedenen „institutionellen“ Zusammenhängen, hier der Mathematik und der Elektrotechnik, zu analysieren und aufeinander zu beziehen. Dieser Ansatz kann in das Gesamtprogramm gut eingebettet werden, da er es erlaubt, auf Seite der Prozesssteuerung Verbindungen zu psychologischen, kognitiven und soziokulturellen Kompetenzdimensionen herzustellen.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden anhand von typischen bzw. ausgewählten Lern-, Übungs- und Testaufgaben der jeweiligen Domäne und Studienphase bzw. Lehrveranstaltungen die Bearbeitungsstrategien und -prozeduren der Studierenden mithilfe von Beobachtungen, der Methode des Lauten Denkens und anhand inhaltsanalytischer Auswertungen analysiert. Auf der Grundlage dieser Erhebungen erfolgt in einem weiteren Schritt eine Modellierung und Ausformulierung der auf der Basis dieser qualitativen Analysen ermittelten Kompetenzfacetten und Kompetenzentwicklungstufen. Dabei sollen nicht nur die Kompetenzfacetten ausdifferenziert und das Verhältnis von mathematikrelevanten Kompetenzen und mathematischen Handlungsanforderungen der Ingenieurwissenschaften, sondern auch Handlungs- und Problemlösungsmuster für ingenieurwissenschaftliches Mathematik-Lernen herausgearbeitet werden.

Auf der Grundlage der Kompetenzmodellierungen werden in einem weiteren Arbeitsschritt Formate, Items und Instrumente zur Erfassung der verschiedenen Kompetenzfacetten und -stufen in den jeweiligen Domänen konstruiert. Die entsprechenden Erfassungsinstrumente sollen sowohl geschlossene als auch offene Aufgaben- und Antwortformate im Rahmen strukturiert-standardisierter Methoden beinhalten. Darüber hinaus sollen auch offenere und prozessorientierte Aufgaben

insbesondere im Rahmen der Lehrveranstaltungen in der zweiten Studienphase, die Bearbeitungen in unterschiedlichen Autonomiegraden zulassen, Peer-Feedbacks und kooperatives Problemlösen ermöglichen, entwickelt werden. Die hierfür geeigneten Formate orientieren sich an metakognitiven und reflexiven Elementen der Aufgabenbearbeitung sowie Lerntagebüchern und Portfolios als qualitativ und prozessorientierten Erfassungsinstrumenten.

Abschließend werden die entwickelten Aufgaben und Erfassungsinstrumente an ausgewählten Stichproben von Studierenden im Kontext der jeweiligen Domänen und Studienphasen bzw. Lehrveranstaltungen pilothaft erprobt und hinsichtlich ihrer Reliabilität und Validität überprüft.

In den Grundlagenveranstaltungen der Elektrotechnik soll im Unterschied zu den anderen Domänen eine IRT-basierte Entwicklung von Items und Messinstrumenten zur Kompetenzerfassung auf der Grundlage der Piloterprobungen vorgenommen werden. Dies erfolgt in Anlehnung an Entwicklungsprozeduren des Teilprojekts C (siehe unten).

### **3. Zielsetzungen der quantitativen Forschung**

Ziel des quantitativen Ansatzes ist die datengestützte Generierung von einerseits Kompetenzmodellen für die Domänen Ingenieurmathematik (Höhere Mathematik für Ingenieure), Technische Mechanik, Werkstofftechnik und Konstruktionstechnik und andererseits Erklärungsmodellen für die Kompetenzentwicklung in den Fächern Technische Mechanik und Konstruktionstechnik, wobei insbesondere die Rolle mathematischer Kompetenzen einbezogen wird. Dabei wird auch der

Frage nachgegangen, welche Zusammenhänge zwischen allgemeiner bzw. „dynamischer Problemlösefähigkeit (im Sinne von Greiff & Funke, 2009) und den Fachkompetenzen bestehen. Geprüft werden die folgenden drei Hypothesen.

1. In den Domänen Bau und Maschinenbau erweisen sich mehrdimensionale Modelle der Fachkompetenz eindimensionalen Modellierungen überlegen.
2. Zwischen den Fachkompetenzfacetten und der „dynamischen Problemlösefähigkeit“ bestehen lediglich schwache bis mittlere Korrelationen.
3. Als zentraler Prädiktor der Kompetenz in TM erweist sich die mathematische Kompetenz. In die Erklärung der Konstruktionskompetenz geht mathematische Kompetenz nur noch indirekt ein, als zentrale Prädiktoren dieser Kompetenz erweisen sich das Leistungsvermögen in TM und der WT.

Im Mittelpunkt der quantitativen Forschung steht die Kompetenzmodellierung, Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung von Maschinenbaustudierenden im „Grundstudium“. Der Einbezug von Bauingenieurstudierenden erfolgt insoweit, als die Testentwicklung und Datenerhebung in den Fächern Höhere Mathematik und Technische Mechanik domänenübergreifend erfolgt. Vorgesehen ist sowohl der Einbezug universitärer als auch nicht universitärer Studiengänge. Das Forschungsdesign ist dabei längsschnittlich angelegt. Für die Datenerhebung werden größere Itempools genutzt, die in einem Multi-Matrix-Design administriert werden.

Theoretisch unterstellen wir im Anschluss an Vorarbeiten in unterschiedlichen Domänen in der beruflichen

Ausbildung [51],[52],[53],[54],[55],[56],[57], dass auch im ingenieurwissenschaftlichen Bereich zumindest zwei Subdimensionen fachlicher Kompetenz unterschieden werden können: a) das Fachwissen und b) die Fähigkeit dieses Fachwissen in wechselnden, auch problemhaltigen Situationen anwenden zu können (fachliche Problemlösefähigkeit). Darüber hinaus ist es im Anschluss an neuere Arbeiten zur Kompetenzmodellierung in der beruflichen Bildung hoch wahrscheinlich, dass sich im Verlaufe der Ausbildung eine dimensionale Ausdifferenzierung des Fachwissens vollzieht [58],[59], wobei die curricularen Gewichte an den verschiedenen Standorten bedeutsam werden [60],[61],[62]. Vor diesem Hintergrund wurde ein Untersuchungsdesign gewählt, das geeignet ist, diesen Ausdifferenzierungsprozess in einem Kernbereich nachzuvollziehen. Besonders geeignet scheint uns dazu eine Fokussierung auf die Studieninhalte Höhere Mathematik (HM) und Technische Mechanik (TM), die für die beiden Studiengänge domänenübergreifend in ähnlichem oder gleichem Zuschnitt bedeutsam sind und in allen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen dieser beiden Domänen als Basismodule verankert sind. Die TM stellt dabei zugleich ein wichtiges Anwendungsfeld der HM dar. Die Ausdifferenzierungsprozesse scheinen für diese Domänen besonders gut beschreibbar, sofern auf die Konstruktionstechnik rekrutiert wird, im Rahmen derer insbesondere bei Auslegungsfragen auf das Wissen aus der TM zurückgegriffen werden muss. Erklärungsrelevant für die in der Konstruktionstechnik (KT) entwickelten Kompetenzen sind auch die notwendigen Fähigkeiten/Kenntnisse in der Werkstofftechnik (WT), die ebenfalls modelliert werden sollen.

Für die Testentwicklung liegen Frameworks vor, die einerseits eine über curriculare Analysen sichergestellte inhaltliche Breite der Domänen sicherstellen und die

andererseits auch geeignet sind, die zuvor beschriebenen Subdimensionen des Fachwissens und der fachlichen Problemlösefähigkeit abzubilden.

## 4. Die Forschungszugänge und ihre Verschränkung

Das Projektvorhaben KoM@ING sieht insbesondere in der Verschränkung eines qualitativen, prozessanalytischen und eines IRT-basierten Forschungszugangs einen vielversprechenden Mehrwert.

Die Stärke IRT-basierter Ansätze besteht im Allgemeinen darin, Struktur- und Niveaumodellierungen durch elaborierte Verfahren quantitativ abzusichern. Qualitative Anforderungen werden dabei über die Analyse von Aufgabenmerkmalen, insbesondere schwierigkeitsbestimmende Merkmale berücksichtigt, ohne dass es allerdings möglich wäre, in Feinanalysen die Verarbeitungsprozesse der Individuen transparent zu machen. Gerade hierin liegen die Stärken qualitativer Zugänge, die die Möglichkeit eröffnen, die bei der Aufgabenbearbeitung ablaufenden kognitiven Prozesse zugänglich zu machen.

Dabei soll auch ein zentrales Problem, das sich in IRT-basierten Zugängen bei dem Schluss von der Aufgabenbewältigung auf die dafür erforderlichen Kompetenzen stellt, bearbeitet werden. Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand in anderen Domänen [63] ist der Schluss von einer Aufgabenbewältigung auf die dafür erforderlichen Kompetenzen keineswegs trivial. Vielmehr ist bei der Bearbeitung von Aufgaben je nach erreichtem Expertisegrad mit dem Rückgriff auf unterschiedliche Kompetenzen zu rechnen. Gestützt wird diese Annahme auch durch die Erkenntnisse zum Fertigkeitserwerb [64]. Vor allem in jenen Fällen, in welchen Aufgaben be-

reits auf der Basis von Routinen bewältigt werden können, was bei hoher Vertrautheit mit den zu bewältigenden Anforderungen auch bereits im Studium für immer wiederkehrende Anforderungen erwartet werden kann, werden mit hoher Wahrscheinlichkeit Handlungsmuster herangezogen, deren Umsetzung nur begrenzte kognitive Ressourcen beanspruchen. In frühen Stadien des Kompetenzerwerbs, in welchen diese Handlungsmuster erst aufgebaut werden müssen, ist in weit höherem Maße mit dem Einsatz inferentieller Schlüsse zu rechnen [65]. Allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, aber auch motivationalen Faktoren und situativen Bedingungskonstellationen kommt damit eine weit höhere Bedeutung zu als in der Routinephase.

Vor diesem Hintergrund scheinen qualitative Analysen zur Interaktion von Personen unterschiedlichen Expertisegrades mit mathematischen Aufgaben nicht nur, wie üblich und naheliegend, als explorierende Voraussetzung einer gezielten Entwicklung von Aufgabenitems für IRT-Modellierungen sinnvoll, sondern qualitative Analysen scheinen insbesondere auch im Hinblick auf solche Aufgaben als erfolgsversprechend, die bereits im Vorfeld einer IRT-basierten Güteprüfung unterzogen wurden. Dies erlaubt, genauere Aufschlüsse über die bei der Aufgabenbearbeitung verwendeten bzw. aktualisierten Kompetenzen zu erhalten und so zu einer Validierung der auf IRT-Basis generierten Kompetenzmodelle beizutragen. Bezogen auf die Höhere Mathematik soll in zwei Teilprojekten wie zuletzt beschrieben vorgegangen werden, dabei sollen bereits IRT-modellierte und beforschte Aufgaben bei den qualitativen prozessbezogenen Analysen berücksichtigt werden. Genauso soll bezüglich der Technischen Mechanik in einem Teilprojekt verfahren werden. Auch hierfür werden die im quantitativ forschenden Teilprojekt entwickelten und psychometrisch analysierten Aufgabenstellungen be-

rücksichtigung finden. Bezüglich aller anderen in den Teilprojekten berücksichtigten ingenieurwissenschaftlichen Veranstaltungen wird der zuerst genannte Zugang gewählt, d.h. qualitative Analysen der Aufgabenbearbeitung gehen der Entwicklung von entsprechenden Items voraus. Liegen für diese Bereiche dann in späteren Projektphasen ebenfalls IRT-geprüfte Items vor, so können auch hier die zu Beginn entwickelten qualitativen Methoden zur Aufgabenanalyse im Rahmen qualitativer Re-analysen zu deren Validierung beitragen.

Bei der Auswahl der in die qualitativen Analysen einzubeziehenden situierten mathematischen Anforderungen werden einerseits die einschlägigen, aus den projektinternen IRT-Modellierungen hervorgegangenen Aufgaben und ihren Anforderungsprofilen berücksichtigt. Darüber hinaus kann auf entsprechende Forschung in schulischen Kontexten (Ebenen der Schüler und Lehrer, vgl. COACTIV, TEDS-M), insbesondere zur mathematischen Modellierung aufgebaut werden, es sind aber wesentliche Erweiterungen dieser Ansätze in Bezug auf Anforderungen z.B. der „höheren Mathematik“ erforderlich. Auf dieser Grundlage erfolgt die auf qualitativen Analysen basierende Kompetenzmodellierung. Auf der Grundlage der Kompetenzmodellierung werden schließlich Instrumente zur Kompetenzerfassung entwickelt. Neben bekannten Methoden in Form von kompetenzorientierten Leistungstestitems sollen auch Instrumente entwickelt werden, die sich auf komplexe Produkte bzw. Lernergebnisse der Studierenden beziehen wie z. B. Lösungen zu umfangreichen Übungsaufgaben, Studienarbeiten und Präsentationen, die im Hinblick auf bestimmte Kompetenzindikatoren ausgewertet werden sollen.

So werden die Teilstudien eng aufeinander bezogen, indem

(1) Datenbasen der jeweiligen Standorte in Teilen an den anderen Standorten zur Auswertung mit herangezogen werden,

(2) die in den IRT-basierten Modellierungen entwickelten und den entsprechenden psychometrischen Kriterien genügenden Aufgaben zum Ausgangspunkt von qualitativen prozessbezogenen Analysen werden,

(3) die aus den qualitativen Analysen hervorgehenden Erkenntnisse für die IRT-basierten Niveaumodellierungen genutzt werden, was insbesondere die Option eröffnet, die Geltungsansprüche der IRT-basierten Niveaumodellierungen zu prüfen, und

(4) die aus den Teilstudien hervorgehenden Erkenntnisse zur Strukturmodellierung wechselseitig genutzt werden, um Aussagen zur Kompetenzstruktur zu validieren.

Mit dem Einbezug der IRT-skalierten Aufgaben aus der Technischen Mechanik in die qualitativen Analysen ergibt sich insbesondere die Möglichkeit, die Bedeutung einer ingenieurwissenschaftlichen Situierung mathematischer Anforderungen für die Bearbeitung von Aufgaben aus der Technischen Mechanik im Rahmen der qualitativen Analysen zu erhellen. Dabei kann insbesondere Bezug genommen werden auf die quantitativen Analysen zwischen kontextualisierten Aufgaben der Technischen Mechanik und rein fachsystematischen mathematischen Aufgaben. Geprüft werden soll darüber hinaus, ob die aus den qualitativen Analysen der Teilprojekte gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Höheren Mathematik durch Re-analysen der Daten zur Gewinnung erklärungsstärkerer Schwierigkeitsmerkmale der Aufgaben führen. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der Annahme, dass unter Berücksichtigung der aus den

qualitativen Analysen gewonnenen Erkenntnisse zu den bei der Aufgabenbearbeitung auftretenden Lösungsbarrieren und –schwierigkeiten ein Erklärungsmodell zu den Aufgabenschwierigkeiten generiert werden kann, das eine höhere Varianzaufklärung erbringt, als das allein im Rückgriff auf die quantitativ ausgerichteten Analysen der Aufgabenschwierigkeit generierte Modell.

Über die hier skizzierte Verzahnung der qualitativen und quantitativen empirischen Studien der drei Teilprojekte hinaus ist ein Abgleich der Daten aus den curricularen Analysen vorgesehen, die in unterschiedlichen Hochschulen und Phasen der Ingenieurausbildung durchgeführt werden. Hiermit wird die inhaltliche Validität der Kompetenzmodellierungen und der empirischen Analysen breiter abgesichert und zugleich wird eine bessere Abschätzung der inhaltlichen Unterschiede der Studienpläne an den Hochschulen, einschließlich der Varianzen der Prüfungsanforderungen ermöglicht. Dies scheint auch insoweit von zentraler Bedeutung, als die curricularen Schwerpunktsetzungen sowohl für die Herausbildung von Kompetenzstrukturen als auch die erzielten Kompetenzniveaus relevant sind [66],[67],[68].

## 5. Erwartbare Ergebnisse

Mit dem so vorgenommenen Zuschnitt von Beobachtungsfokussierungen von Studierszenarien, Studieninhalten, Aufgabenbearbeitungen und Studienphasen, differenten, aber aufeinander bezogenen methodischen Ansätzen, in Teilprojekten und deren Verzahnungen, werden, sowohl spezifische als auch und zugleich komplementäre, komplexe Aussagemöglichkeiten erwartet, die das Vorhaben für Weiteres anschlussoffen machen für

- Beiträge zur Kompetenzmodellierung und Studien zur Kompetenzentwicklung und deren Entwick-

lungsbedingungen bezogen auf Mathematik und ihre Verwendungen in zentralen Gegenstandsfeldern der beiden ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge Elektrotechnik und Maschinenbau

- Konzepte für mathematische Kompetenzentwicklung und Kompetenzerfassung - im Sinne einer anwendungsbezogenen Grundlagenforschung. Grundlagen für eine Kompetenzdiagnostik, als Basis für die Gestaltung und Evaluation von Lehrinnovationen
- In didaktischer Perspektive erste Orientierungspotentiale auf Basis der zu erwartenden Erklärungsmodelle, wobei allerdings Replikationsstudien und vertiefende Studien in hochschuldidaktischer Perspektive notwendig scheinen – dies wird für eine anschließende zweite Förderphase ins Auge gefasst
- Entwicklung fachspezifischer Testmaterialien in Forschung und Evaluation der Hochschullehre, Testentwicklung in zentralen Basisbereichen stark frequentierter ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge

Das hier beschriebene Projektvorhaben befindet sich noch am Anfang seiner insgesamt dreijährigen Laufzeit. Deshalb liegt der Fokus dieses Beitrags auf der Beschreibung der Ausgangssituation, der Forschungsziele, der geplanten Vorgehensweise und Forschungsmethodik. Ergebnisse der Forschungsarbeit können also noch nicht ausgewiesen werden. Ziel ist an dieser Stelle, über das Projekt zu informieren und Interesse an seiner diskursiven Begleitung zu wecken. Damit ist die Hoffnung verbunden, dem Anliegen der Publikation „TeachING-LearnING.EU discussions“ angemessen zu entsprechen: - die Diskussion über die Mathematik in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre anzuregen und an die aktuelle Kompetenzdiskussion anzuschließen.

## Autorinnen und Autoren

**Matthias Heiner** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Zentrum für Hochschulbildung (zhb), TU Dortmund // matthias.heiner@tu-dortmund.de

**Prof. Dr. Rolf Biehler** | Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Institut für Mathematik Kompetenzzentrum „Hochschuldidaktik Mathematik“ (khdm), Universität Paderborn // biehler@math.upb.de

**Prof. Dr. Aiso Heinze** | IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel // heinze@ipn.uni-kiel.de

**Prof. Dr. Reinhard Hochmuth** | Institut für Mathematik und ihre Didaktik // Kompetenzzentrum „Hochschuldidaktik Mathematik“ (khdm), Leuphana Universität Lüneburg // reinhard.hochmuth@leuphana.de

**Prof. Dr. Reinhold Nickolaus** | Institut für Erziehungswissenschaften und Psychologie // Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Universität Stuttgart // nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de

**Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann** | Fakultät für Maschinenbau - Feststoffverfahrenstechnik // TeachING-LearnING.EU, Kompetenz- und Dienstleistungszentrum für das Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften, Ruhr Universität Bochum // Petermann@fvt.rub.de

**Christian Pleul** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // IUL - Institut für Umformtechnik und Leichtbau, TU Dortmund // christian.pleul@iul.tu-dortmund.de

**Prof. Dr. Bettina Rösken-Winter** | Didaktik der Mathematik // Servicezentrum Mathematik und Anwendungen, Ruhr-Universität Bochum // Bettina.Roesken@rub.de

**Prof. Dr. Niclas Schaper** | // Arbeits- und Organisationspsychologie // Kompetenzzentrum „Hochschuldidaktik Mathematik“ (khdm), Universität Paderborn // niclas.schaper@upb.de

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya** | IUL - Institut für Umformtechnik und Leichtbau // TeachING-LearnING.EU, Kompetenz- und Dienstleistungszentrum für das Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften, TU Dortmund // Erman.Tekkaya@iul.tu-dortmund.de

**Prof. Dr. Dr. h. c. Johannes Wildt** | Zentrum für Hochschulbildung (zhb) // TeachING-LearnING.EU, Kompetenz- und Dienstleistungszentrum für das Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften, TU Dortmund // johannes.wildt@tu-dortmund.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Mustoe, L.; Lawson, D. (2002), *Mathematics for the European Engineer – A Curriculum for the Twenty-First-Century*, Brussels.
- [2] Blum, W.; Drücke-Noe, C.; Hartung, R.; Köller, O. (Hrsg.) (2006), *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen*, Berlin.
- [3] Kultusministerkonferenz (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss vom 18.10.2012.*
- [4] Blömeke, S.; Kaiser, G.; Lehmann, R. (Hrsg.) (2010), *TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich*, Münster.
- [5] Kunter, M. / Baumert, J. / Blum, W. / Klusmann, U. / Krauss, S. / Neubrand, M. (Eds.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- [6] Vgl. etwa: Blum, W.; Drücke-Noe, C.; Hartung, R.; Köller, O. (Hrsg.) (2006), *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen*, Berlin.
- [7] Vgl.: Klieme, E.; Bürgermeister, A.; Harks, B.; Blum, W.; Leiß, D.; Rakoczy, K. (2010), *Leistungsbeurteilung und Kompetenzmodellierung im Mathematikunterricht. Zeitschrift für Pädagogik, Beih., Ausg. 56, S. 64-74.*
- [8] Z.B.: Klieme, E.; Hartig, J. (2007): *Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs*, *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 8-07*, 11-29. [9] Hartig, J.; Klieme, E.; Leutner, D. (2008), *Assessment of competencies in educational contexts*, Göttingen.
- [9] Schaper, N. (2009): *Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand, Ausg. 2, Nr. 1, S. 166-199.* [11] Vgl.: Anaya, M.; Cavallaro, M. I. (2004), *Visualization, Conceptual and Procedural Knowledge in Mathematics for Engineers. The case of the Definite Integral*, Twelfth European Seminar of the SEFI Mathematics Working Group.

- [10] Booth, S. (2008), Learning and teaching engineering mathematics for the knowledge society. *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 33, Nr. 3, S. 381-389.
- [11] Engelbrecht, J.; Harding, A.; Preez, J. D. (2007), Long-term retention of basic mathematical knowledge and skills with engineering students, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 32, Nr. 6, S. 735-744.
- [12] Fernández, I.; Pacheco, J. M. (2005), On the role of engineering in mathematical development. *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 30, Nr. 1, S. 81-90.
- [13] Ooi, A. (2007), An Analysis of the Teaching of Mathematics in Undergraduate Engineering Courses, AaeE Conference, Melbourne.
- [14] Risse, T.; Schott, D.; Schramm, T.; Strauß, R. (2008), Positions to Mathematical Education of Engineers.
- [15] Winkelman, P. (2009), Perceptions of mathematics in engineering. *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 34, Nr. 4, S. 305-316.
- [16] Vgl.: De Giusti, M. R.; Lira, A. J.; Villarreal, G. L. (2008), Simulation framework for teaching in modeling and simulation areas, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 33, Nr. 5, S. 587-596.
- [17] Kågesten, O.; Engelbrecht, J. (2007), Student group presentations: a learning instrument in undergraduate mathematics for engineering students, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 32, Nr. 3, S. 303-314.
- [18] Masouros, S. D.; Alpay, E. (2010), Mathematics and online learning experiences: a gateway site for engineering students, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 35, Nr. 1, S. 59-78.
- [19] Hadim, H. (2006), Review Summary of Major Studies on Integration of Mathematics, Physics and Engineering (MPE).
- [20] Brousseau, G. (1997), *Theory of didactical situations in mathematics 1970-1990*, Dordrecht.
- [21] Gueudet, G. (2008), Investigating the Secondary-Tertiary Transition, *Educ Stud Math*, Ausg. 67, S. 237-254.
- [22] Byrne, E. P. (2007), Teaching & Learning Styles in Engineering at UCC, *International Symposium for Engineering Education*, Dublin City University, Ireland.

- [23] Cagiltay, N. E. (2008), Using learning styles theory in engineering education, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 33, Nr. 4, S. 415-424.
- [24] Holvikivi, J. (2007), Learning styles in engineering education: the quest to improve didactic practices, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 32, Nr. 4, S. 401-408.
- [25] Booth, S. (2008), Learning and teaching engineering mathematics for the knowledge society, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 33, Nr. 3, S. 381-389.
- [26] Rach, S.; Heinze, A. (2013), Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase, *Journal für Mathematik-Didaktik*, Ausg. 34, Nr. 1, S. 121-147.
- [27] Wild, K.-P. (2000), *Lernstrategien im Studium: Strukturen und Bedingungen*, Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 16., Münster.
- [28] Tully, D.; Jacobs, B. (2010), Effects of Single-Gender Mathematics Classrooms on Self-Perception of Mathematical Ability and Post Secondary Engineering Paths: An Australian Case Study, *European Journal of Engineering Education*, Ausg. 35, Nr. 4, S. 455-467.
- [29] Coates, H.; Radloff, A. (2008), Tertiary Engineering Capability assessment Concept Design, Australian Council for Educational Research.
- [30] Gschwendtner, T. (2008), Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung, *Didaktik gewerblich-technischer Berufsbildung*, Nickolaus, R.; Schanz, H. (Hrsg.), Baltmannsweiler, S. 103-119.
- [31] Nickolaus, R; Abele S.; Gschwendtner, T. (2011), Valide Abschätzungen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung pädagogischer Handlungsprogramme – Herausforderungen, Ansätze und Perspektiven, *Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – Probleme und Perspektiven*, 1. Aufl, Fischer, M.; Becker, M.; Spöttl, G. (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – Probleme und Perspektiven*, 1. Aufl, Frankfurt, (im Druck).
- [32] Im Sinne von: Greiff, S.; Funke, J. (2009), Measuring complex problem solving – The MicroDYN approach, The transition to computer-based assessment – Lessons learned from large-scale surveys and implications for testing, Scheuermann, F. (Hrsg.), Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. Am 03.05.2010 entnommen von: [http://www.psychologie.uniheidelberg.de/ae/allg/mitarb/jf/Greiff&Funke\\_2009\\_LuxPaper.pdf](http://www.psychologie.uniheidelberg.de/ae/allg/mitarb/jf/Greiff&Funke_2009_LuxPaper.pdf).

- [33] Abele, S.; Greiff, S.; Gschwendtner, T.; Nickolaus, R.; Funke, J.; Nitzschke, A. (2011), Fachspezifische und „dynamische“ Problemlösefähigkeit, Zusammenhänge und Erklärungsmodelle, (in Vorbereitung).
- [34] Rindermann, H.; Oubaid, V. (1999), Auswahl von Studienanfängern durch Universitätskriterien. Verfahren und Prognostizierbarkeit des Studienerfolgs, Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, Aug. 20, Nr. 3, S. 172-191.
- [35] Schmidt, F.L.; Hunter, J.E. (1998), The Validity and Utility of Selection Methods in Personnel Psychology: Practical and Theoretical Implications of 85 Years of Research Findings. Psychological Bulletin, Aug. 124, Nr. 2, S. 262-274.
- [36] Nickolaus, R.; Abele, S. (2009), Chancen und Grenzen eines differenzierten Ansatzes zur Hochschulbewerbersauswahl, Gefälligkeitsübersetzung: Opportunities and limitations of a more differentiated approach to applicant selection in higher education, Das Hochschulwesen, Aug. 57, Nr. 3, S. 81-88.
- [37] Z.B. Hall, W.; Palmer, S.; Ferguson, C.; Jones, J. T. (2008), Delivery and assessment strategies to improve on- and off-campus student performance in structural mechanics, International Journal of Mechanical Engineering Education, Aug. 35, Nr. 4, S. 272-284.
- [38] Im Überblick: Troitschanskaia, O.; Kuhn, C. (2010), Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen: Analyse zum Forschungsstand, Mainz.
- [39] Gschwendtner, T. (2008), Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung, Didaktik gewerblich-technischer Berufsbildung, Nickolaus, R.; Schanz, H. (Hrsg.), Baltmannsweiler, S. 103-119
- [40] Nickolaus, R.; Gschwendtner, T.; Geißel, B. (2008), Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Aug. 104, Nr. 1, S. 48-73.
- [41] Winther, E. (2010), Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung, Bielefeld.
- [42] Winther, E.; Achtenhagen, F. (2009), Measurement of Vocational Competencies – A Contribution to an International Large-Scale-Assessment on Vocational Education and Training, Empirical Research in Vocational Education and Training, Aug. 1, S. 88-106.
- [43] Gschwendtner, T. (2011), Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen

über die Ausbildungszeit, Lehr- Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Beiheft zur Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Nickolaus, R.; Pätzold, G. (Hrsg.), (im Druck).

- [44] Nickolaus, R.; Abele, S.; Gschwendtner, T. (2011), Valide Kompetenzabschätzungen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung beruflicher Bildungsmaßnahmen – Wege und Irrwege, Kompetenzen entwickeln, messen und bewerten, Niedermaier, G. (Hrsg.), (zur Veröffentlichung angenommen).
- [45] Z.B.: Polaczek, C. (2007), Studienerfolg in den Ingenieurwissenschaften. Eingangsvoraussetzung – Prognose – Validität, Beiträge zum Mathematikunterricht, Kramer, J. (Hrsg.), Hildesheim, S. 513-516.
- [46] Vgl. Etwa: LMS, IMA & RSA (London Mathematical Society, Institute of Mathematics and its Applications und Royal Statistical Society) (1995), Tackling the Mathematics Problem. London Mathematical Society, London.. Am 16.12.2010 entnommen von: [www.lms.ac.uk/policy/tackling/report.html](http://www.lms.ac.uk/policy/tackling/report.html).
- [47] Schwenk, A.; Berger, M. (2006), Mathematische Kenntnisse von Studienanfängern - Eine Vollerhebung und Längsschnittstudie an der TFH Berlin zusammen mit der Berta-von-Suttner-Oberschule, Bedeutung der Ingenieurpädagogik. Wo stehen wir? Wohin wollen, wohin müssen wir?, Schlattmann, J. (Hrsg.), Tönning, S. 86–92.
- [48] Z.B.: Hunt, D. N.; Lawson, D. A. (1996), Trends in mathematical competency of A-level students on entry to university, Teaching Mathematics and its Applications, Ausg. 15, S. 167-173.
- [49] Chevallard, Y. (1999), L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. RDM, 19(2), S. 221–266.
- [50] Gschwendtner, T. (2008), Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung, Didaktik gewerblich-technischer Berufsbildung, Nickolaus, R.; Schanz, H. (Hrsg.), Baltmannsweiler, S. 103-119.
- [51] Gschwendtner, T.; Geißel, B.; Nickolaus, R. (2010), Projekt Berufspädagogik. Modellierung Beruflicher Fachkompetenz in der Gewerblich-Technischen Grundbildung, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft Ausg. 56, S. 258-270.
- [52] Nickolaus, R.; Rosendahl, J.; Gschwendtner, T.; Geißel, B.; Straka, G. A. (2010), Erklärungsmodelle zur Kompetenz- und Motivationsentwicklung bei Bankkaufleuten, Kfz-Mechatronikern und Elektronikern, Seifried, J.; Wuttke, E. (Hrsg.), Lehr-Lern-Forschung in der kaufmännischen Berufsbildung – Ergebnisse und Gestaltungsaufgaben, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik – Beihefte, Ausg. 23, S. 73-88.[54] Seeber, S. (2008), Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen,

- ZBW, Ausg.. 104, Nr. 1, S. 74-97.[55] Seeber, S. (2009), Ökonomisches Verständnis, BELLA: Berliner Erhebung der Lernausgangslagen arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf „Lernen“, Lehmann, R.; Hoffmann, E. (Hrsg.), Münster, S. 197.[56] Winther, E.; Achtenhagen, F. (2009), Measurement of Vocational Competencies – A Contribution to an International Large-Scale-Assessment on Vocational Education and Training, Empirical Research in Vocational Education and Training, Ausg. 1, S. 88-106.
- [53] Winther, E. (2010), Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung, Bielefeld.
- [54] Gschwendtner, T.; Geißel, B.; Nickolaus, R. (2010), Projekt Berufspädagogik. Modellierung Beruflicher Fachkompetenz in der Gewerblich-Technischen Grundbildung, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft Ausg. 56, S. 258-270.
- [55] Nickolaus, R.; Gschwendtner, T.; Abele, S. (2011), Valide Abschätzung von Kompetenzen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung pädagogischer Handlungsprogramme – Herausforderungen, Ansätze und Perspektiven, Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – Probleme und Perspektiven (vorläufiger Titel), Fischer, M. et al. (Hrsg.), Frankfurt a.M. u.a., (zur Veröffentlichung angenommen).
- [56] Gschwendtner, T.; Geißel, B.; Nickolaus, R. (2010), Projekt Berufspädagogik. Modellierung Beruflicher Fachkompetenz in der Gewerblich-Technischen Grundbildung, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft Ausg. 56, S. 258-270.
- [57] Haolader, F. (2010), Technical and Vocational Education and Training – Curricula Reform Demand in Bangladesh. Qualification Requirements, Qualification Deficits and Reform perspectives. Stuttgart, Dissertation.
- [58] Nickolaus, R. (2010), Erklärungsmodelle für die Entwicklung der Fachkompetenz – Anmerkungen zu ihren Geltungsansprüchen und didaktischen Implikationen, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Ausg.106, Nr. 4, S. 481-490.
- [59] Vgl. z.B.: Alderson, J. C. (2000), Assessing Reading. New York.
- [60] Vgl. z.B.: Ackerman, P. (1986), Individual Differences in Information Processing: An Investigation of Intellectual Abilities and Task Performance during Practice, Intelligence, Ausg. 10, Nr. 2, S. 101-139.

- [61] Nickolaus, R. (2011), Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven, Stationen empirischer Bildungsforschung. Traditionslinien und Perspektiven, Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.), VS Verlag für Sozialwissenschaften, Opladen, (im Druck).
- [62] Gschwendtner, T. (2011), Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit, Lehr- Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Beiheft zur Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Nickolaus, R.; Pätzold, G. (Hrsg.), (im Druck).
- [63] Haolader, F. (2010), Technical and Vocational Education and Training – Curricula Reform Demand in Bangladesh. Qualification Requirements, Qualification Deficits and Reform perspectives. Stuttgart, Dissertation.
- [64] Nickolaus, R. (2011), Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven, Stationen empirischer Bildungsforschung. Traditionslinien und Perspektiven, Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.), VS Verlag für Sozialwissenschaften, Opladen, (im Druck).

---

# „The only Source of Knowledge is Experience“

## Didaktische Konzeption und methodische Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken zur Aus- und Weiterbildung im Industrial Engineering

### Einleitung

Das Industrial Engineering (IE) befasst sich mit der Planung, Implementierung und Verbesserung sozio-technischer Arbeitssysteme. Für die IE bezogene Aus- und Weiterbildung gelten Lernfabriken als innovative Lehr-Lern-Umgebungen [1]. Durch simulierte Arbeitsprozesse, die Lernende aktiv in einer realitätsnahen Produktionsumgebung ausführen, bieten sie vielfältige Möglichkeiten des erfahrungsbasierten Lernens [2],[3]. Albert Einstein bringt die Bedeutung der Erfahrung durch das Zitat „The only Source of Knowledge is Experience“ auf den Punkt.

Lehr-Lern-Prozesse in Lernfabriken haben das Potenzial, die Lücke zwischen grundlegendem Theorie- und praxisverbundenem Erfahrungswissen als Voraussetzung zur Entwicklung der geforderten beruflichen Handlungskompetenz [4] zu schließen [5]. Zunehmend erkennen dies Hochschulen und Unternehmen und entwickeln individuelle Ausprägungen von Lernfabriken [6].

Die einschlägigen Literatur sowie der aktuelle Stand der Forschung [7] verdeutlichen dabei den Bedarf einer wissenschaftlichen Aufarbeitung der Didaktik und

Methodik von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken. Dieser Beitrag stellt daher eine Morphologie zur Charakterisierung der didaktischen Konzeption und methodischen Gestaltung von Lernfabriken vor, die am Beispiel des Industrial Engineering Training Centre (IE-TC) des Instituts für Produktionssysteme der Technischen Universität Dortmund konkretisiert wird. Die Merkmale der entwickelten Morphologie basieren auf recherchierten Ausprägungsformen von Lernfabriken und wurden um darauf aufbauende, denkbare Szenarien ergänzt.

### 1. Didaktische Konzeption

Dem aktuellen, wissenschaftlichen Konsens folgend umfasst die Didaktik im weiteren Sinne alle Strukturelemente, wie Ziele oder Intentionen, Inhalte und Themen, Methoden und Medien von Lehr-Lern-Prozessen [8]. Zur Abgrenzung gemäß der Entwicklung einer Morphologie ist ein Bezug auf die Didaktik im engeren Sinne sinnvoll. Diese beschränkt sich auf die Ziele und Inhalte des Lehr-Lern-Prozesses [8], ist aber stets in unmittelbarer Verknüpfung mit der methodischen Gestaltung zu betrachten.

## 1.1 Ziele des Lehr-Lern-Prozesses

Ziele des Lehr-Lern-Prozesses sind durch spezifisch formulierte Lernziele bestimmt. Sie werden in der Morphologie durch adressierte Kompetenzklassen und -arten, Lernzieldimensionen sowie Taxonomielevel beschrieben.

Ein im Kontext von Lernfabriken angeführtes Modell zur Unterteilung der beruflichen Handlungskompetenz stammt von Erpenbeck und Heyse [9]. Sie leiten induktiv anhand der Handlungsmöglichkeiten einer Person die Kompetenzklassen der Fach- und Methodenkompetenz, sozial-kommunikativen, personalen sowie Aktivitäts- und Handlungskompetenz ab [9]. Für den Bereich des IE kann die Klasse der Fach- und Methodenkompetenz weiter in die drei Kompetenzarten Methoden-, System- und Problemlösungskompetenz untergliedert werden [2],[10]. Die Methodenkompetenz bezieht sich hierbei konkret auf Methoden des IE und beschreibt das Vermögen, für eine konkrete Aufgabe sinnvolle Methoden auszuwählen, diese sicher und zielgerichtet anzuwenden und zu bewerten. Systemkompetenz umfasst das systemtheoretische Verständnis komplexer Arbeits- und Produktionssysteme als Basis zielgerichteter Verbesserungsaktivitäten. Problemlösungskompetenz beschreibt die Dispositionen ausgehend von einem Ist-Zustand eines Arbeitssystems einen gewünschten Ziel-Zustand zu erreichen. Dabei bestehen vielfältige Verknüpfungen zwischen den einzelnen Kompetenzarten, so dass keine vollkommen disjunkte Betrachtung und Entwicklung möglich ist.

Lernziele können die kognitive, affektive und psychomotorische Dimension adressieren [4]. Der Lehr-Lern-Prozess in Bezug auf die kognitive Dimension ist häufig auf eine schrittweise Erreichung der Lernziele ausgelegt. Die unterschiedlichen Level können durch eine Taxonomie beschrieben werden. Hierzu gibt es eine Vielzahl von Modellen. Als praktikabel hat sich für die Themengebiete des IE eine Taxonomie basierend auf einer Verknüpfung von Kriterien nach Bloom sowie Dreyfus und Dreyfus [11],[12] erwiesen. Sie umfasst die Kriterien Wissen, Verstehen, Anwenden und Anleiten bzw. Schulen. Dabei können die einzelnen Kriterien wiederum verschiedene Entwicklungsgrade aufweisen (siehe Abb. 1).

Hiermit lassen sich typische Profile von Mitarbeitern im Rahmen des IE beschreiben. Für operative Mitarbeiter, die bspw. unmittelbar im Prozess (z.B. der Montage) tätig sind, ist es erforderlich, über ein bestimmtes Wissen bzgl. Methoden und Prinzipien des IE zu verfügen. Im begrenzten Maße sollten sie diese auch verstehen und in ihrer Arbeit anwenden. Ein Anleiten oder Schulen weiterer Mitarbeiter hinsichtlich dieser Methoden wird i.d.R. nicht Teil ihrer Aufgaben sein. Die Kompetenzausprägung dieser Mitarbeiter kann so bspw. mit Level I oder II der Taxonomie beschrieben werden. Da Lernfabriken auf die Entwicklung von Erfahrungswissen ausgerichtet sind, steht die Anwendung im Vordergrund. Jedoch ist diese in der Regel mit einem erweiterten Wissen und höheren Verständnis verbunden.

Die Merkmale und Ausprägungen der Ziele von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

|                    |                       | Taxonomielevel |          |           |          |         |
|--------------------|-----------------------|----------------|----------|-----------|----------|---------|
|                    |                       | Level I        | Level II | Level III | Level IV | Level V |
| Taxonomiekriterien | Wissen                |                |          |           |          |         |
|                    | Verstehen             |                |          |           |          |         |
|                    | Anwenden              |                |          |           |          |         |
|                    | Anleiten bzw. Schulen |                |          |           |          |         |

Entwicklungsgrad: nicht vorhanden gering mittel hoch sehr hoch

Abb. 1: Praxiserprobte Taxonomie zur Beschreibung von Kompetenzprofilen

| Merkmal                 | Ausprägung                  |                 |                                |          |                                    |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|----------|------------------------------------|
| Kompetenzklassen        | Fach- und Methodenkompetenz |                 | sozial-kommunikative Kompetenz |          | Aktivitäts- und Handlungskompetenz |
| Kompetenzarten im IE    | Methodenkompetenz           | Systemkompetenz | Problemlösungskompetenz        |          |                                    |
| Lernzieldimensionen     | kognitiv                    |                 | affektiv                       |          | psychomotorisch                    |
| Lernziel Taxonomielevel | Level I                     | Level II        | Level III                      | Level IV | Level V                            |

Tabelle 1: Ziele von Lehr-Lern-Prozessen

## 1.2 Inhalte des Lehr-Lern-Prozesses

Die fachlichen Lehr-Lern-Inhalte stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit den beschriebenen Zielen aber auch mit der prozessualen und technischen Ausstattung der Lernfabrik [1].

Typische Aufgabenfelder im IE sind die Gestaltung von Arbeitssystemen auf Basis von Zeitdaten unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte, der Anforderungen der innerbetrieblichen Logistik, Wirtschaftlich-

keit, Wandlungsfähigkeit und Qualitätsmanagement. Eng verknüpft sind damit außerdem die Anwendung verschiedener Lean-Methoden, die Gestaltung der Arbeitsorganisation und Aspekte des Shopfloor- und Changemanagement. Nicht zuletzt bieten Lernfabriken die Möglichkeit, die Auswirkungen der Arbeitssystemgestaltung auf die betrieblichen Arbeitsbeziehungen bspw. zwischen Management und Betriebsrat erfahrbar zu machen. Dabei kann die Gestaltung von Arbeitssystemen auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Während konkrete Maßnahmen auf Prozessebene, d.h. an einzelnen

| Merkmal                             | Ausprägung                                   |           |  |   |                         |                           |                                 |                     |                         |   |                                      |                                 |
|-------------------------------------|--|-----------|--|---|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|
|                                     | physische Arbeitssystemgestaltung            | Ergonomie | innerbetriebliche Logistik                   | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung                | Wandlungsfähigkeit      | Qualitätsmanagement       | Zeitwirtschaft                  | Lean Methoden       | Arbeitsorganisation     | Shopfloormanagement/ Führung                | Changemanagement/ Unternehmenskultur | betriebliche Arbeitsbeziehungen |
| Fachbezogene Lerninhalte            |  |           |  |   |                         |                           |                                 |                     |                         |   |                                      |                                 |
| Arbeitssystemebenen                 | Mikro-Arbeitssystem (einzelner Arbeitsplatz) |           |  | Meso-Arbeitssystem (verkettete Arbeitsplätze) |                         |                           | Makro-Arbeitssystem (Wertstrom) |                     |                         | Unternehmensnetzwerk                        |                                      |                                 |
| Phasen im Produktentstehungsprozess | Produktplanung                               |           | Produktionsprozess-/ Arbeitssystemgestaltung |   |                         | Arbeitssystemrealisierung |                                 | Produktionshochlauf |                         | Produktionsprozess nach Start of Production |                                      |                                 |
| Fertigungsform                      | Baustellenfertigung                          |           | Werkbankfertigung                            |   | Werkstattfertigung      |                           | Reihenfertigung                 |                     | Fließfertigung          |   | Insel-/ Zellenfertigung              |                                 |
| Prozesstypen                        | Typ 3 (Einzelfertigung)                      |           |  |   | Typ 2 (Serienfertigung) |                           |                                 |                     | Typ 1 (Massenfertigung) |   |                                      |                                 |

Tabelle 2: Inhalte von Lehr-Lern-Prozessen

Arbeitsplätzen oder verketteten Arbeitsstationen umgesetzt werden, können sich planerische Tätigkeiten auf ganze Wertströme [13] bis hin zu Unternehmensnetzwerken beziehen. Die prozessuale und technische Ausstattung der Lernfabrik bestimmt hierbei in der Regel die Systemgrenzen und damit die Komplexität möglicher Lernsituationen. Die prozessuale und technische Ausstattung determiniert darüber hinaus auch die Lerninhalte bezüglich Fertigungsformen und Prozesstypen.

Die Merkmale und Ausprägungen der Inhalte des Lehr-Lern-Prozesses in der Lernfabrik sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

## 2. Methodische Gestaltung

Mit dem Blick auf die beschriebene didaktische Konzeption als Zieldimension des Lehr-Lern-Prozesses beschreibt die methodische Gestaltung die Wegdimension und damit die Frage nach dem „Wie“ [8]. Aus dem oftmals geforderten „Shift from Teaching to Learning“ [14] ergibt sich für die produktionsbezogene Aus- und Weiterbildung die unmittelbare Forderung nach teilnehmerzentrierten und aktivierenden Lehr-Lern-Konzepten und handlungsorientierten Methoden, die Theorie

und Praxis enger miteinander verzahnen. Das Konzept der Lernfabrik folgt dem Leitziel der Handlungsorientierung und der Wissensvermittlung in situativen Kontexten. Durch die Realisierung einer authentischen Anwendungssituation werden Inhalte nicht rein theoretisch und somit als träges Wissen vermittelt, sondern anwendungsorientiert an konkrete Problemstellungen und Handlungen gekoppelt [15]. Die methodische Gestaltung kennzeichnet die lernorganisatorische Struktur mit dem Ziel, Situationen zu schaffen, die das Lernen ermöglichen und erleichtern [4].

### 2.1 Gestaltung der Lehr-Lern-Situation

Im Rahmen des erfahrungsbasierten und damit handlungsorientierten Lernens in Lernfabriken wird der Lernerfolg nicht allein durch das Handlungsergebnis bestimmt, sondern vielmehr durch den Prozess und die eingesetzte Methode [4]. Dieser Ansatz wird nach Hacker als Handlungsregulation bezeichnet [16]. Eine vollständige Handlung besteht dabei aus den Abschnitten Information (Erkennen des Ist-Zustandes, Festlegen des Handlungsziels und Erarbeiten des erforderlichen Wissens), Planung (Analyse des Problems und Erarbei-

ten möglicher Lösungswege), Entscheidung (Auswahl des geeigneten Lösungsweges), Durchführung, Kontrolle (eigenständiges Überprüfen der Aufgabenerfüllung) und Auswertung bzw. Reflexion [17].

Lehr-Lern-Strategien steuern den Lehr-Lern-Prozess und sind „Handlungssequenzen zur Erreichung eines Lernziels“ [18]. Die Strategien stehen in enger Wechselwirkung mit dem Autonomiegrad der Lernenden und der Rolle der Lehrenden. Dabei können beispielsweise Teilnehmendenzentrierung und Instruktion komplementär im Lehr-Lern-Prozess eingesetzt werden. Grundlegend ist hierbei das Verständnis von Instruktion als Anregung, Unterstützung und Beratung, nicht jedoch als Lösungsvorgabe oder reinen Informationsinput [19].

Der Begriff der Autonomie gibt an, inwieweit die Lernenden Verantwortung für ihr eigenes Lernen hinsichtlich Planung und Durchführung übernehmen. Den höchsten Autonomiegrad stellt das selbstorganisierte Lernen dar, bei dem die Lernenden selbständig und eigenverantwortlich über alle Lernbedingungen wie Ziele, Inhalte, Methoden und Medien, aber auch Ort und

Zeit des Lernprozesses bestimmt [4]. Mit zunehmender Autonomie der Lernenden nehmen in der Regel der Einfluss der Lehrenden für die Durchführung und das Ergebnis des Lehr-Lern-Prozesses ab und die Anforderungen an seine didaktische Kompetenz zu.

Die Rolle der Lehrenden kann sich damit vom Instruktor, der detaillierte Anweisungen gibt zum Coach wandeln, der den Lehr-Lern-Prozess bspw. über sokratische Fragen führt. Organisieren sich die Lernenden vollständig selbst, ist bei den Lehrenden ein Fading-Out möglich, indem sie sich vollständig aus dem Prozess herausziehen.

Die Merkmale und Ausprägungen der Gestaltung der Lehr-Lern-Situation in einer Lernfabrik sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die beschriebenen Faktoren stellen das methodische Grundgerüst einer Lernfabrik dar. Zusätzlich haben weitere organisatorische Größen Einfluss auf den Lehr-Lern-Prozess und konkretisieren die methodische Gestaltung.

| Merkmal                     | Ausprägung   |                                  |                          |  |                                   |                            |                |  |
|-----------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------|--|
| Handlungsregulation         | Information  | Planung                          | Entscheidung             | Durchführung                             | Kontrolle                         | Auswertung/ Reflexion      |                |  |
| Lehr-Lern-Strategien        | Unterweisung | Lernen am Modell (Demonstration) | Cognitive Apprenticeship | Wechsel von Instruktion und Konstruktion | problemlösungsorientiertes Lernen | forschendes Lernen         |                |  |
| Autonomiegrad des Lernenden | instruiert   |                                  | selbstgesteuert          |  | selbstreguliert                   |                            | selbstbestimmt |  |
| Rolle des Lehrenden         | Instruktor   | Wissensvermittler                | Organisator              | Moderator/ Krisenmanager                 | Coach                             | Feedbackgeber/ Bewertender | Fading Out     |  |

Tabelle 3: Gestaltung der Lehr-Lern-Situation

## 2.2 Organisatorische Rahmenbedingungen

Als prozessorientiertes Veranstaltungsformat bietet sich im Rahmen einer Lernfabrik die Projektarbeit an. Das Projekt wird häufig als „Idealform von handlungsorientierten Methoden“ [8] angeführt, da es sich am Muster der vollständigen Handlung orientiert. Das Veranstaltungsformat bildet den organisatorischen Rahmen für den Lehr-Lern-Prozess und bestimmt maßgeblich, inwieweit Lernende selbst aktiv werden und Handlungen ausführen können. Es determiniert gleichzeitig den Zeitrahmen, der für den Lehr-Lern-Prozess zur Verfügung steht. Mit der Festlegung des Veranstaltungsformates definiert die oder der Lehrende in der Regel die Sozialform, welche die Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten bestimmt [4].

Ziel von Lernfabriken ist es, Wissen zu prozeduralisieren, also nutzbar zu machen, und mit Hilfe von Anwendungsbezug und Motivation in Handlungen umzuformen, aus denen Kompetenzen entwickelt wer-

den können [20]. Eine Erfolgskontrolle dient dabei der Evaluation und Rückmeldung. Einerseits zeigt sie den Lehrenden, ob die intendierten Ziele erreicht wurden und die gewählten Methoden den Lernerfolg der Lernenden ermöglichen. Andererseits ist sie für die Lernenden eine Lernfortschrittskontrolle, die es ihnen ermöglicht, ihre Aktivitäten individuell zu steuern. Im Rahmen des Lernens in Lernfabriken bieten sich als Formate der Erfolgskontrolle insbesondere Beurteilungen an, die durch die Lernenden selbst, die Gruppe oder die Lehrenden erfolgen kann [21]. Ist die Lernfabrik curricular in die ingenieurwissenschaftliche Aus- oder Weiterbildung eingebunden, so haben die Lehrenden außerdem die Aufgabe, den individuellen Lernerfolg der Lernenden in Form einer Leistungsbeurteilung zu bewerten. Entsprechend der angestrebten Lernziele ist von den Lehrenden das geeignete Prüfungsformat zu wählen. Dieses wirkt sich unmittelbar auf das Lernverhalten aus und stellt damit eine zusätzliche Möglichkeit dar, die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz zu unterstützen.

| Merkmal                 | Ausprägung                             |                      |                               |                                  |                                  |                                      |                       |               |       |
|-------------------------|--|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|-------|
| Veranstaltungsformat    | Lehrvortrag                            | (begleitende) Übung  | (Labor-) Praktikum            | Seminar                          | Workshop                         | Lehrgang                             | Fallstudie            | Projektarbeit |       |
| Zeitrahmen              | ≤ halber Tag                           | > halber Tag bis Tag | > 1 bis 2 Tage                | > 2 bis 5 Tage                   | mehrere Wochen                   | > Semester (mehrere Monate)          |                       |               |       |
| Unterbrechung           | keine Unterbrechung, d.h. im Block     |                      | mehrfach, Unterbrechung < Tag | mehrfach, Unterbrechung 1-6 Tage | mehrfach, Unterbrechung > 6 Tage | mehrfach, Unterbrechung unregelmäßig |                       |               |       |
| Sozialform              | Frontalunterricht                      |                      | Einzelarbeit                  |                                  | Partnerarbeit                    |                                      | Gruppenarbeit         |               |       |
| Fachtheoretischer Input | als vorhanden vorausgesetzt            |                      | vorherig                      |                                  | sequenziell                      |                                      | bedarfsorientiert     |               |       |
| Erfolgskontrolle        | Beurteilung durch den Lernenden selbst |                      | Beurteilung durch die Gruppe  |                                  | Beurteilung durch den Lehrenden  |                                      | Performanzbeobachtung | Portfolio     | keine |
| Leistungsbeurteilung    | schriftliche Prüfung                   | mündliche Prüfung    | schriftlicher Report          | mündliche Präsentation           | praktische Prüfung               |                                      | Portfolio             | keine         |       |

Tabelle 4: Organisatorische Rahmenbedingungen

Die organisatorischen Rahmenbedingungen von Lehr-Lern-Prozessen in Lernfabriken können in der in Tabelle 4 dargestellten Morphologie zusammengefasst werden.

Zur Validierung der erarbeiteten Morphologie und als Beispiel für eine Einordnung wird im Folgenden das Industrial Engineering Training Centre (IE-TC) charakterisiert.

### **3. Das Industrial Engineering Training Centre**

Das IE-TC des Instituts für Produktionssysteme (IPS) der TU Dortmund wurde 2008 in Betrieb genommen [22]. Es wird größtenteils zur Ausbildung Studierender eingesetzt, in unregelmäßigen Abständen aber auch bedarfsorientiert zur Weiterbildung sowie für fachbezogene Forschungszwecke genutzt. In der IE Ausbildung wird Studierenden hier die Möglichkeit geboten, praxisbezogenes Erfahrungswissen im Kontext der Arbeitssystemgestaltung zu erwerben.

Die im IE-TC stattfindende und im Folgenden als Beispiel beschriebene Lehrveranstaltung „Arbeitssystemgestaltung II“ (ASG II) hat das Ziel, bei den Studierenden die Entwicklung fachlich- methodischer Kompetenz im Bereich der Arbeitssystemplanung, -umsetzung und dem -hochlauf zu fördern. Durch die Gruppenarbeit mit 6-8 Studierenden wird zudem die sozial-kommunikative Kompetenz weiterentwickelt, da gruppenspezifische Prozesse bewusst reflektiert werden. Im Rahmen der Praxiswoche, in der die Studierenden eigenverantwortlich ein Arbeitssystem planen und den Hochlauf bis einschließlich Start of Production begleiten, werden alle drei IE-Kernkompetenzarten gefördert. Methodenkompetenz wird u.a. durch die

Anwendung von Zeitaufnahmen, Wertstromanalysen und Abtaktungsdiagrammen weiterentwickelt. Durch die bewusste Reflexion von Gestaltungsparametern und deren Auswirkungen auf Meso-Systemebene wird die Entwicklung der Systemkompetenz unterstützt. Zudem beinhaltet die Aufgabenstellung bewusst die Mitgestaltung der Arbeitsorganisation, d.h. Personalbedarf, Schichtsystem, Entgeltgestaltung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter der Randbedingung vorgegebener Kundenbedarfe. Die Problemlösungskompetenz wird durch die methodische Vorgehensweise, mit Hilfe kleinschrittiger PDCA Zyklen (Plan, Do, Check, Act) auf einen Zielzustand hinzuarbeiten, weiterentwickelt. Die PDCA Zyklen stellen dabei wissenschaftliche Experimente dar, deren Durchführung auf Basis identifizierter Hindernisse geplant, Hypothesen aufgestellt und schließlich überprüft werden [23].

Die Lernziele beziehen sich auf den kognitiven aber auch affektiven Bereich, da den Teilnehmenden vermittelt werden soll, dass Fehler und Abweichungen vom Zielzustand Lernpotential und die Chance zur Verbesserung darstellen. Die Praxiswoche bietet die Möglichkeit, theoretisches Wissen und Methoden anzuwenden und durch das daraus entstehende Erfahrungswissen tiefergehendes Verständnis über die Gestaltung von Arbeitssystemen zu entwickeln, so dass hinsichtlich der Lernziele Taxonomielevel II erreicht werden kann. Die fachbezogenen Lehrinhalte beziehen sich auf die Arbeitssystemgestaltung auf Basis zeitwirtschaftlicher Daten (inkl. der damit verbundenen Arbeitsorganisation) unter Berücksichtigung von Qualitätsmanagement, Lean Methoden und Materialbereitstellung. Aufgrund des vorgegebenen Produktes und der Kundenbedarfe bezieht sich die ASG II auf die Gestaltung eines Arbeitssystems für Prozesstyp 2 (Serienfertigung). Entsprechend werden vorzugsweise Lösungen in Ferti-

gungsformen wie Reihen- oder Fließfertigung von den Lernenden argumentiert und umgesetzt.

Tabelle 5 fasst die beschriebene Einordnung des IE-TC im Rahmen der aufgestellten Morphologie zusammen.

Ein besonderes Merkmal aller Veranstaltungen im IE-TC ist die freie Wahl bei der Gestaltung von Lösungswegen zur Arbeitssystemgestaltung. Es können und sollen verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten erprobt werden. Eine beste Lösung existiert bewusst nicht. Die Gestaltung der Lehr-Lern-Strategie bildet dabei einen Wechsel zwischen Instruktion und Konstruktion ab, wobei der Schwerpunkt auf der Konstruktion durch die Lernenden liegt. Sie führen eine vollständige Handlung aus, von der Informationseinholung über die Rahmenbedingungen des Planungsszenarios, die Planung und

Durchführung der Arbeitssystemgestaltung und den damit verbundenen Abstimmungs- und Entscheidungsprozessen bis hin zur Kontrolle und Reflexion. Die Lernenden handeln weitestgehend selbstbestimmt. Sie planen den Projektablauf, setzen sich Ziele und tragen die Verantwortung ihrer Entscheidungen. Die Herausforderung für Lehrende besteht darin, keine Lösungen vorzugeben sondern die Lernenden im eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung anzuleiten. Die Lehrenden nehmen daher die Rolle einer Moderatorin bzw. eines Moderators und Coaches ein. Je nach Unterstützungsbedarf der Gruppe finden ca. 3-6 Coachingrunden statt, in denen die oder der Lehrende sokratische Fragen stellt, um herauszufinden, auf welchem Stand sich die Lernenden befinden und ggf. den Lernprozess zu beeinflussen. Zudem ist die oder der Lehrende am Ende der Veranstaltung Feedbackgeber und Bewertender.

| Merkmalsausprägungen der didaktische Konzeption des IE-TC |  |                 |  |   |                         |                           |                                 |                     |                         |   |                                      |                                 |
|---|--|-----------------|--|---|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Kompetenzklassen</b>                                   | Fach- und Methodenkompetenz                  |                 |  | sozial-kommunikative Kompetenz                |                         |                           |                                 | personale Kompetenz |                         |   | Aktivitäts- und Handlungskompetenz   |                                 |
| <b>Kompetenzarten im IE</b>                               | Methodenkompetenz                            | Systemkompetenz | Problemlösungskompetenz                      |   |                         |                           |                                 |                     |                         |   |                                      |                                 |
| <b>Lernziel-dimensionen</b>                               | kognitiv                                     |                 |  |   | affektiv                |                           |                                 |                     | psychomotorisch         |   |                                      |                                 |
| <b>Lernziel Taxonomielevel</b>                            | Level I                                      |                 |  | Level II                                      |                         |                           | Level III                       |                     | Level IV                |   | Level V                              |                                 |
| <b>Fachbezogene Lerninhalte</b>                           | physische Arbeitssystemgestaltung            | Ergonomie       | innerbetriebliche Logistik                   | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung                | Wandlungsfähigkeit      | Qualitätsmanagement       | Zeitwirtschaft                  | Lean Methoden       | Arbeitsorganisation     | Shopfloormanagement/ Führung                | Changemanagement/ Unternehmenskultur | betriebliche Arbeitsbeziehungen |
| <b>Arbeitssystemebenen</b>                                | Mikro-Arbeitssystem (einzelner Arbeitsplatz) |                 |  | Meso-Arbeitssystem (verkettete Arbeitsplätze) |                         |                           | Makro-Arbeitssystem (Wertstrom) |                     |                         | Unternehmensnetzwerk                        |                                      |                                 |
| <b>Phasen im Produktentstehungsprozess</b>                | Produktplanung                               |                 | Produktionsprozess-/ Arbeitssystemgestaltung |   |                         | Arbeitssystemrealisierung |                                 | Produktionshochlauf |                         | Produktionsprozess nach Start of Production |                                      |                                 |
| <b>Fertigungsform</b>                                     | Baustellenfertigung                          |                 | Werkbankfertigung                            |   | Werkstattfertigung      |                           | Reihenfertigung                 |                     | Fließfertigung          |   | Insel-/ Zellenfertigung              |                                 |
| <b>Prozesstypen</b>                                       | Typ 3 (Einzelfertigung)                      |                 |  |   | Typ 2 (Serienfertigung) |                           |                                 |                     | Typ 1 (Massenfertigung) |   |                                      |                                 |

Tabelle 5: Charakterisierung der didaktischen Konzeption des IE-TC

Eine Erfolgskontrolle im Lernprozess erfolgt durch die Selbsteinschätzung der Gruppe, durch die Einschätzung der Lehrenden und durch Beobachtung der Lernenden während der Coachingrunden. Die Leistungsbeurteilung als Basis der Notengebung wird durch drei Komponenten realisiert. Zum Abschluss der Praxiswoche stellt die Gruppe ihr Arbeitssystem im Rahmen einer mündlichen Präsentation sowie in einer praktischen Anwendungssituation (siehe Abb. 2) vor.

Dies geschieht im Rahmen eines Rollenspiels, bei dem die Industrial Engineers (Studierende) dem Werkleiter (Professor) und Betriebsrat, Qualitätsmanager, Logis-

tikmanager sowie Finanzmanager (wissenschaftliche Mitarbeiter oder Gäste aus der Industrie) zum Betrieb des Arbeitssystems Fragen beantworten. Abschließend findet eine mündliche Prüfung zur Ermittlung einer individuellen Note jedes Teilnehmers statt.

Tabelle 6 fasst die beschriebene Einordnung des IE-TC im Rahmen der aufgestellten Morphologie der methodischen Gestaltung zusammen.



*Abb. 2: Hochlauf eines Montagearbeitssystems im IE-TC*

| Merkmalsausprägungen der methodische Gestaltung des IE-TC |                                    |                     |                                  |                      |                                  |                          |  |                    |                                      |                       |
|---|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| <b>Handlungs-regulation</b>                               | Information                        |                     | Planung                          |                      | Entscheidung                     |                          | Durchführung                             |                    | Kontrolle                            | Auswertung/ Reflexion |
| <b>Lehr-Lern-Strategien</b>                               | Unterweisung                       |                     | Lernen am Modell (Demonstration) |                      | Cognitive Apprenticeship         |                          | Wechsel von Instruktion und Konstruktion |                    | problemlösungs-orientiertes Lernen   | forschendes Lernen    |
| <b>Autonomiegrad des Lernenden</b>                        | instruiert                         |                     | selbstgesteuert                  |                      | selbstreguliert                  |                          | selbstbestimmt                           |                    | selbstorganisiert                    |                       |
| <b>Rolle des Lehrenden</b>                                | Instruktor                         | Wissensvermittler   |                                  | Organisator          |                                  | Moderator/ Krisenmanager |  | Coach              | Feedbackgeber/ Bewertender           | Fading Out            |
| <b>Veranstaltungs-format</b>                              | Lehrvortrag                        | (begleitende) Übung | (Labor-) Praktikum               |                      | Seminar                          | Workshop                 | Lehrgang                                 | Fallstudie         | Projektarbeit                        |                       |
| <b>Zeitraumen</b>   | ≤ halber Tag                       |                     | > halber Tag bis Tag             |                      | > 1 bis 2 Tage                   |                          | > 2 bis 5 Tage                           |                    | mehrere Wochen                       |                       |
| <b>Unterbrechung</b>                                      | keine Unterbrechung, d.h. im Block |                     | mehrfach, Unterbrechung < Tag    |                      | mehrfach, Unterbrechung 1-6 Tage |                          | mehrfach, Unterbrechung > 6 Tage         |                    | mehrfach, Unterbrechung unregelmäßig |                       |
| <b>Sozialform</b>   | Frontalunterricht                  |                     | Einzelarbeit                     |                      |                                  | Partnerarbeit            |  |                    | Gruppenarbeit                        |                       |
| <b>Fachtheoretischer Input</b>                            | als vorhanden vorausgesetzt        |                     | vorherig                         |                      |                                  | sequenziell              |  |                    | bedarfsorientiert                    |                       |
| <b>Erfolgskontrolle</b>                                   | Beurteilung durch Lernenden selbst |                     | Beurteilung durch die Gruppe     |                      | Beurteilung durch den Lehrenden  |                          | Performanzbeobachtung                    |                    | Portfolio                            |                       |
| <b>Leistungs-beurteilung</b>                              | schriftliche Prüfung               | mündliche Prüfung   |                                  | schriftlicher Report |                                  | mündliche Präsentation   |  | praktische Prüfung |                                      | Portfolio             |
|   |                                    |                     |                                  |                      |                                  |                          |  |                    |                                      | keine                 |

Tabelle 6: Charakterisierung der methodischen Gestaltung des IE-TC

#### 4. Fazit und Ausblick

Die Einordnung des IE-TC in die Morphologie verdeutlicht, dass die Charakterisierung einer Lernfabrik sowohl hinsichtlich der didaktischen Konzeption als auch der methodischen Gestaltung des Lehr-Lern-Prozesses anhand der aufgestellten Merkmale möglich ist. Sie können ebenfalls zur systematischen Grundlage für die Neukonzeptionen sowie Verbesserung bestehender Lernfabriken genutzt werden. Eine sinnvolle Erweiterung ist eine detailliertere Betrachtung der Betreibermodelle und Zielgruppen, vor allem aber auch der prozessualen und technischen Ausstattung von Lernfabriken [1].

## Autorinnen und Autoren

**Marlies Steffen** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Institut für Produktionssysteme, Professur für Arbeits- und Produktionssysteme, TU Dortmund // marlies.steffen@tu-dortmund.de

**Silke Frye** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Lehrstuhl Technik und ihre Didaktik, TU Dortmund // silke.frye@tu-dortmund.de

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse** | Institutsleiter // Institut für Produktionssysteme, Professur für Arbeits- und Produktionssysteme, TU Dortmund // jochen.deuse@tu-dortmund.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Steffen Marlies, Frye Silke und Deuse Jochen (2013), Vielfalt Lernfabrik - Morphologie zu Betreibern, Zielgruppen und Ausstattungen von Lernfabriken im Industrial Engineering, wt Werkstattstechnik online, Jahrg. 103, Heft 3, S 233-239
- [2] Steffen Marlies, May Dominik und Deuse Jochen (2012), The Industrial Engineering Laboratory - Problem-based Learning in Industrial Engineering Education at TU Dortmund University, EDUCON 2012 Collaborative Learning & New Pedagogic Approaches in Engineering Education, Marrakesh Morocco
- [3] Hempen Sabine, Wischniewski Sascha, Maschek Thomas und Deuse Jochen (2010), Experiential Learning in Academic Education - A Teaching Concept for Efficient Work System Design, Proceedings of 14th Workshop of the Special Interest Group on Experimental Interactive Learning in Industrial Management of the IFIP Working Group 5.7, Mailand Italien, S. 71-78
- [4] Ott Bernd (2011), Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehrens - Ganzheitliches Lernen in der beruflichen Bildung, Cornelsen, Berlin, S. 34, 44, 47, 142, 147 f
- [5] Dehnbostel Peter (2010), Betriebliche Bildungsarbeit - Kompetenzbasierte Aus- und Weiterbildung im Betrieb, Schneider, Hohengehren, S. 41
- [6] Deuse Jochen und Richter Ralph (2010), Industrial Engineering im modernen Produktionsbetrieb – Voraussetzungen für einen erfolgreichen Verbesserungsprozess, Betriebspraxis & Arbeitsforschung, Ausg. 207, S. 6-13
- [7] Am 12.01.2013 entnommen von: [www.validierung-foerderung.de/vorhaben/idefix](http://www.validierung-foerderung.de/vorhaben/idefix)

- [8] Bonz Bernhard (2009), Methoden der Berufsbildung - Ein Lehrbuch, S. Hirzel, Stuttgart, S. 3
- [9] Heyse Volker und Erpenbeck John (2004), Kompetenztraining, Schäfer-Poeschel, Stuttgart, S. XVII
- [10] Institut für angewandte Arbeitswissenschaften (2010), Produktivität steigern - Erfolgreich mit Industrial Engineering, Institut für angewandte Arbeitswissenschaften, Düsseldorf
- [11] Bloom Benjamin S., Engelhart Max D., Furst Edward, Hill Walker H. und Krathwohl David (1974), Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich, Beltz, Weinheim und Basel
- [12] Dreyfus Hubert L. und Dreyfus Stuart E. (1987), Künstliche Intelligenz - von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, S. 41 ff
- [13] REFA Bundesverband e.V. Verband für Arbeitsgestaltung (2002), Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung, Ausgewählte Methoden zur prozessorientierten Arbeitsorganisation, S. 69
- [14] Wildt Johannes (2003), The Shift from Teaching to Learning – Thesen zum Wandel der Lernkultur in modularisierten Studienstrukturen, In: Unterwegs zu einem europäischen Bildungssystem, Hrsg. NRW, Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen im Landtag
- [15] Lütjens Jörn (2006), Das Konzept einer Lernfabrik, bwp@, Nr. 10, S. 113
- [16] Hacker Winfried (1984), Psychologische Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen - Ziele und Bewertungsmaßstäbe, Springer, Berlin Heidelberg
- [17] Müller Hans-Joachim und Stürzl Wolfgang (1990), Handlungs- und erfahrungsorientiertes Lernen - Ein methodisches Konzept zur integrierten Förderung von Fach- und Schlüsselqualifikationen, In: Methoden betrieblicher Weiterbildung, RKW, Eschborn, S. 172198
- [18] Friedrich Helmut Felix und Mandl Heinz (1992), Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß, In: Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention, Hrsg.: Friedrich Helmut Felix und Mandl Heinz, Hogrefe, Göttingen, S. 6
- [19] Reinmann-Rothmeier Gabi und Mandl Heinz (2001), Unterrichten und Lernumgebungen gestalten, In: Pädagogische Psychologie, Beltz, Weinheim, S. 601-646

- [20] North Klaus, Wissensorientierte Unternehmensführung - Wertschöpfung durch Wissen, Gabler, Wiesbaden, S. 36
  
- [21] Markowitsch Jörg, Messerer Karin und Prokopp Monika (2004), Handbuch praxisorientierter Hochschulbildung, Facultas, Wien, S. 87
  
- [22] Steffen Marlies, Bücker Daniel und May Dominik (2011), Das Industrial Engineering-Labor, In: Praxiseinblicke - Forschendes Lernen in den Ingenieurwissenschaften, Hrsg. TeachING-LearnING.EU, Bach Ursula; Müller Kristina und Jungmann Thorsten, S. 16-19
  
- [23] Rother Mike (2009), Die Kata des Weltmarktführers, Campus, Frankfurt/Main S. 63, 141

## Die 5-Minuten-Hochschuldidaktik? Ingenieurwissenschaften und Hochschuldidaktik im interdisziplinären Dialog

In diesem Sammelband werden Erträge fruchtbarer Zusammenarbeiten zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Ingenieurwissenschaften einerseits und der Hochschul- bzw. Ingenieurdidaktik andererseits vereint. Sie sind das Ergebnis erfolgreicher Reflexionsprozesse, wie Lehre studierendenzentriert gestaltet werden kann. Diese gelungenen Beispiele zeigen, dass wir mit dem interdisziplinären Ansatz auf dem richtigen Weg sind. Sie sollen aber auch nicht darüber hinwegtäuschen, dass noch etwas Strecke vor uns liegt.

Immer wieder kommen wir in der Hochschuldidaktik bei unserer Forschungs- und Weiterbildungstätigkeit mit Fragen, Vorstellungen und Forderungen von Ingenieurinnen und Ingenieuren in Kontakt, die weit von den fachlichen Ansprüchen moderner hochschuldidaktischer Arbeitsweisen entfernt sind. Besonders beliebt ist die Frage nach dem „Methodenkoffer“. Damit einher geht wohl die Hoffnung, dass schon allein das erstmalige Suchen von Werkzeug im Kofferraum das Auto am besten von selbst dazu befähigen möge, einen platten Reifen geschwind und fachgerecht wechseln zu können, um dann wieder für die termingehetzte Weiterfahrt bereitzustehen. Auch der Wunsch nach einem Newsletter (aufbereitet in max. drei bullet points und fett, damit nicht zu viel gelesen werden muss), in dem die heißesten Tricks für die Lehre im ‚easy plug & play Format‘ aufbereitet werden, erreicht uns bisweilen. Manchmal gewin-

nen wir den Eindruck, dass einige Ingenieurinnen und Ingenieure sich in den Hörsälen sogar eine didaktische Notrufsäule wünschten, an der man bei akuten Problemen nur einen „hot button“ zu drücken bräuchte, und „didactic man“ (oder woman) würde sich in den Saal beamen und der/dem Lehrenden als „Didaktikflüsterer“ zur Seite springen.

In der Kooperation zwischen Ingenieurwissenschaften und Hochschuldidaktik sehen wir die Hochschuldidaktik jedoch nicht als reine Servicewissenschaft, die ihre Prämissen aufgeben muss, um den Arbeits- und Denkgewohnheiten der anderen Disziplin zu entsprechen. Dafür gibt es gute Gründe (in max. drei bullet points und fett, damit nicht zu viel gelesen werden muss):

- Jede Lehrende, jeder Lehrende ist anders, eine individuelle Persönlichkeit mit eigenständiger Sozialisation und Entwicklung, eigenen Charakterausprägungen und Dispositionen. Schon deshalb lassen sich hochschuldidaktische Methoden nicht mal eben eins zu eins von Person B auf Person A übertragen, sondern sind auf die individuellen Fähigkeiten und Rahmenbedingungen der Lehrenden zuzuschneiden.
- Gelingende hochschuldidaktische Weiterbildung ist ein **intensiver** Reflexionsprozess, in dem ein **tief(er)es Verstehen** für die verschiedenen Perspektiven

und Anforderungen einer Lehrveranstaltung entwickelt wird. Ein wichtiger Bestandteil ist z.B. das **ernsthafte** Einnehmen der Studierendenperspektive. Gerade für solche Reflexionen sind eine gute Moderation und der Erfahrungsaustausch mit anderen Lehrenden wichtig für das Verständnis und die Akzeptanz der gewonnenen Erkenntnisse.

- Ein hochschuldidaktischer Kompetenzerwerb lässt sich nicht auslagern und braucht etwas Zeit und Motivation. Wenn ein hochschuldidaktisches Szenario, das für einen bestimmten Lernkontext entwickelt wurde, in einem Newsletter vorgestellt und dann von einer oder einem anderen Lehrenden anwendungsorientiert für die eigene Lehre adaptiert wird, besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass das Szenario erst mal **nicht funktioniert**. Ein solches Frustrationserlebnis könnte der Motivation, Lehre neu zu gestalten, **nachhaltig schaden**, und aus hochschuldidaktischer Perspektive wäre mehr verloren als gewonnen. **Eingebettet in einen hoch-**

**schuldidaktischen Weiterbildungsprozess werden solche Lernprozesse begleitet und zwangsläufige Misserfolge können konstruktiv gewendet werden.**

Selbstkritisch ergänzen müssen wir, dass auch die Hochschuldidaktik im Rahmen der skizzierten Möglichkeiten auf die Bedürfnisse von Ingenieurinnen und Ingenieure eingehen muss. Nicht zu Unrecht werden einige Elemente antiquierter hochschuldidaktischer Weiterbildungsveranstaltungen als „Ringelpiez mit Anfassern“ kritisiert. Weiterbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren sollte nicht mit Methoden versucht werden, die ihren Ursprung in den 1960/70ern, in Verfahren zur gruppenpsychotherapeutischen Behandlung psychischer Störungen und Erkrankungen und in den Reha-Wissenschaften haben, sondern verlangt moderne Formate und Methoden, die dem disziplinären Habitus von Ingenieurwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern gerecht werden.

### Autorinnen und Autoren

**Dr. Tobias Haertel** | Vertretung der Universitäts-Professur Hochschuldidaktik und Hochschulforschung // Zentrum für Hochschulbildung zhb, TU Dortmund // [tobias.haertel@tu-dortmund.de](mailto:tobias.haertel@tu-dortmund.de)

**Claudius Terkowsky** | Leiter der Forschungsgruppe Ingenieurdidaktik // Zentrum für Hochschulbildung zhb, TU Dortmund // [claudius.terkowsky@tu-dortmund.de](mailto:claudius.terkowsky@tu-dortmund.de)

---

# Praxisorientierte Technikdidaktik

## Ein integrativer Ansatz zur Optimierung von Lehr-/Lernprozessen im ingenieurwissenschaftlichen Studium

### Einleitung

Obwohl sich der Trend zu immer besseren Abiturergewinnissen offensichtlich kontinuierlich fortsetzt [1], kämpfen die Hochschulen mit erheblichen Defiziten ihrer Studierenden in allen Grundlagenfächern. Neben eingeschränkten Fähigkeiten bei der inhaltlichen Erfassung von wissenschaftlichen Texten behindern insbesondere Wissens- und Kompetenzdefizite im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich einen erfolgreichen Studienabschluss. Diese Problematik betrifft die Ingenieurwissenschaften in besonderer Weise [2,3]. Fehlen den Betroffenen zudem basale Schlüsselqualifikationen, so sind individuell determinierte Problemlösungsstrategien unwahrscheinlich. Die hieraus resultierenden Misserfolgserebnisse belasten nicht nur die Bildungs- und Lebensperspektiven der Studierenden, sondern ebenso die Selbstwirksamkeits- und Professionalitätserwartungen der Lehrenden. In Anbetracht der latent vorhandenen Potenziale, des Fachkräftemangels und der demografischen Entwicklung ist es jedoch kontraproduktiv, Interessierte bereits vor Studienbeginn abzuweisen. Vielmehr müssen Hochschulen die Chancen ergreifen, spezifische Kompetenzen, aber auch Defizite der Bewerberinnen und Bewerber frühzeitig zu erkennen und fähigkeitsorientiert zu fördern. Die

Hochschule Bochum hat dazu ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstütztes Projekt initiiert (Förderkennzeichen 01PL11079), das im Bereich der Mathematik- und Technikdidaktik neue Wege geht.

### 1. Konzept

Im Rahmen des gemeinsamen Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre wurde im Januar 2013 das „Institut für Mathematik- und Technikdidaktik (IMS)“ gegründet. Als fachbereichsunabhängige wissenschaftliche Einrichtung liegt deren Fokus ausdrücklich auf der Verbesserung der Studienerfolgsaussichten. In enger Zusammenarbeit mit der Mathematikdidaktik, deren Konzept nicht Gegenstand dieses Beitrags ist, fällt der Technikdidaktik eine integrative Schlüsselrolle zu. Im Unterschied zur Technikdidaktik im Bereich der Lehrerbildung basiert dieser Ansatz für das ingenieurwissenschaftliche Studium auf einem Vier-Säulen-Modell, das eine nachhaltige, fachbereichsübergreifende und methodisch/didaktisch fundierte Lehr-/Lernkultur etablieren soll (vgl. Abb. 1).



Abb. 1 Praxisorientierte Technikdidaktik – Konzeptübersicht

## 1.1 Didaktische Paradigmen

Technische Systeme und Problemstellungen sind in ihrer fachlichen und gesellschaftlichen Komplexität kognitiv schwer erfassbar. Selbst in praxisorientierten Studiengängen machen sich fehlende Handlungserfahrungen, sowohl aus dem schulischen als auch aus dem privaten Umfeld, negativ bemerkbar. Eine lernförderliche Vernetzung technologischer Handlungsweisen oder naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten mit den korrespondierenden Handlungsfeldern [4] findet in den von uns untersuchten Bachelor Studiengängen der Fachbereiche Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau, Mechatronik und Bauingenieurwesen zu selten statt. Als Grundlage einer praxisorientierten Technikdidaktik ist daher die Entwicklung und Vertiefung einer stringenten, fachbereichsbezogenen Handlungs-, Produkt- und Zielorientierung notwendig. Ein Produkt mittlerer Komplexität zieht sich dabei als kognitiver Katalysator und „Roter Faden“ durch die Grundlagenveranstaltungen der Mathematik, Physik, Werkstoffkunde etc. Dieses problemorientiert ausgewählte Werkstück konkretisiert exemplarisch die Bedeutung abstrakter fachwissenschaftlicher Inhalte für die reale, individuelle Problemlösungsfähigkeit. Eine derartige horizontale, lernpsychologisch determinierte Vernetzung der Grundlagenfächer ermöglicht zudem eine bessere curriculare Synchronisation innerhalb der einzelnen Fachbereiche. Im Idealfall lässt sich ein geschickt ausgewähltes Werkstück sogar im Rahmen professioneller Lerngruppen entwickeln bzw. fertigen (vgl. Kapitel 1.3 und 1.4). Angedacht ist z. B. für die Mechatronik die Entwicklung einer Generatortaschenlampe unter Verwendung kostengünstiger Spritzgussteile und handelsüblicher Bauteile.

Zur Abbildung der industriellen und wirtschaftlichen Entitäten wird das exemplarische Produkt im Zuge einer vertikalen Vernetzung der Studiengänge durch nachhaltige Projekte ersetzt. Diese fachbereichsübergreifende Professionalisierung im Bereich technischer Handlungsweisen kann von der teamorientierten Konstruktion und Montage über die Virtualisierung komplexer Systeme bis hin zur Fertigung realer Produkte im 3-D-Druck bzw. Laserschmelzverfahren im Universal-Technik-Zentrum (vgl. Kap. 1.4) realisiert werden.

Eine Vertiefung bestehender sowie die Initiierung neuer, auch internationaler Kooperationen (z. B. Worldwide Innovative Networking oder Zukunft durch Innovation), fördert die Bildungspartnerschaften mit Schulen, Betrieben und Stiftungen.

## 1.2 Unterstützung und Beratung der Lehrenden

Im Rahmen standardisierter Evaluationen wird den Lehrenden von den Studierenden in der Regel eine hohe fachliche Kompetenz bescheinigt. Trotzdem sind die Wissens- bzw. Kompetenzzuwächse vieler Studierender, gemessen an den Ergebnissen der Klausuren in den Grundlagenfächern, ebenso wie die Ergebnisse in Übungen und Praktika, enttäuschend. Das hochschulinterne Studienerfolgsmonitoring belegt diese Einschätzung insbesondere für die Fachbereiche Maschinenbau, Mechatronik und Elektrotechnik. In Ergänzung zu den didaktischen Paradigmen bietet die Technikdidaktik eine personenorientierte Unterstützung und Beratung an. Im Rahmen einer didaktischen Sprechstunde erhalten die Lehrenden aller Fachbereiche das Angebot, ihre etablierten Lehrveranstaltungen gemeinsam mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IMT zu analysieren, zu ergänzen und medial wie methodisch zu optimie-

ren. Abhängig von den fachspezifischen Inhalten sollen dazu die Erkenntnisse moderner Unterrichtsforschung nachhaltig in allen Phasen konkreter Lehrveranstaltungen etabliert und als probate Handlungsalternative akzeptiert werden. Problem- und Handlungsorientierung oder der „Spaß am Lernen“ sind in diesem Kontext ebenso wichtig wie die kompromisslose Vermittlung unverzichtbarer fachlicher Inhalte.

Neben grundlegenden Tipps zur pädagogisch und lernpsychologisch fundierten Strukturierung von Lehr-/Lernprozessen können sich aus solchen Gesprächen Kooperationen zwischen Fachwissenschaft und Technikdidaktik ergeben, die die rein materielle Zusammenarbeit bei Weitem übertreffen. Insbesondere in großen Lehrveranstaltungen kann die Technikdidaktik personelle Unterstützung bei der Realisierung adressatenbezogener Methoden, kooperativer Lehrformen und handlungsorientierter Sequenzen anbieten. Aufgrund spezifischer Qualifizierungen sind auf Wunsch der Lehrenden Feedback- und Individualberatungen bis hin zum Coaching möglich. Einen besonderen Schwerpunkt im Bereich der Beratung stellt dabei die Entwicklung personenbezogener Methodenkonzepte dar, die insbesondere die Persönlichkeit der Dozentinnen und Dozenten berücksichtigt.

Parallel zur individuellen Begleitung empfehlen sich grundlegende Seminare zu technikspezifischen Fragestellungen der Motivations- und Lernpsychologie sowie der Erwachsenenbildung. In allen Bereichen ist die intensive Kooperation mit der Mathematikdidaktik sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der hochschuldidaktischen Zentren sichergestellt.

### 1.3 Angebote für Studierenden

Bereits vor über zwanzig Jahren mahnte der VDI an, dass rund 10% der Gesamtstudienzeit der Ingenieurausbildung für fachübergreifende Inhalte reserviert werden sollte. Wenn man die Aussage betrachtet: „*Die Empfehlung bezieht sich vielmehr auf solche fachübergreifenden Lehrinhalte, in denen die Systemzusammenhänge von Technik, Umwelt und Gesellschaft dargestellt werden.*“ [5, S. 3], wird klar, dass es sich hier explizit nicht um die sowieso unverzichtbaren Schlüsselqualifikationen wie Sozial-, Methoden-, Selbst-, Handlungs- oder Medienkompetenz handelt. Im Rahmen der zeitlich eng gestaffelten Modulhandbücher eines Bachelor/Masterstudiums findet sich, allen Notwendigkeiten zum Trotz, allerdings kaum Zeit, derartige Forderungen in konkreten Veranstaltungen umzusetzen. Es bleibt jedoch ein Anliegen der Technikdidaktik, zumindest Interessierten im Wahlbereich Lehrveranstaltungen zur Allgemeinen Techniklehre, zur Technikfolgenabschätzung oder auch zur Technikgeschichte anzubieten. Ergänzend zu den fachlichen Professionalisierungen ermöglichen diese Veranstaltungen die Entwicklung eines für Ingenieure und Ingenieurinnen einer Industrienation unverzichtbaren Überblickwissens. Zugleich erfolgt so die Vernetzung, aber auch Abgrenzung der technischen Inhaltssphäre von den Naturwissenschaften bzw. dem soziokulturellen Umfeld. In der Praxis werden diese Ziele inhaltlich an Seminare gebunden, die zugleich der Vermittlung von Schlüsselqualifikationen dienen. Hier lernen die Studierenden individuelle und kooperative Lernkonzepte kennen und zielorientiert anzuwenden. Zukünftig werden derartige Veranstaltungen auf der Basis der technischen Handlungsweisen, beispielsweise zur Technikanalyse, Konstruktion, Umweltanalyse etc. im Universal-Technik-Zentrum möglich.

In Ergänzung zu den gruppenorientierten Hilfen bietet das IMT auch individualisierte Unterstützung für Einzelpersonen oder Kleingruppen an. Entgegen einer klassischen „Nachhilfe“ geht es dabei aber ausschließlich um die Hilfe zur Selbsthilfe. Die „Sprechstunde Lernstrategien“ greift dabei den Umstand auf, dass eine nicht unerhebliche Zahl von Studierenden nicht in der Lage ist, eigene Defizite zu erkennen und selbstgesteuert zielorientierte Lösungsstrategien zu entwickeln.

In Kooperation mit der Mathematikdidaktik ist der Aufbau eines rechnerbasierten, fähigkeitsorientierten diagnostischen Testsystems geplant. Aktuell werden dazu spezifisch angepasste Varianten des in den Niederlanden sehr erfolgreichen Intake Tests (AMN Systems) mit inkludiertem Maple TA (Maplesoft) getestet, um die Studierenden in der objektivierbaren Einschätzung ihrer bereits entwickelten technologischen Kompetenzen unterstützen. Im Gegensatz zu traditionellen Testverfahren werden dabei nicht die Defizite, sondern die Planung und Umsetzung realistischer, individueller Professionalisierungsstrategien in den Vordergrund gerückt. In enger Abstimmung mit den fachspezifischen Anforderungen kann so ein technikspezifisches Kompetenzmodell entstehen, das einen wichtigen Beitrag zur internationalen Diskussion der MINT-Problematiken leisten würde. In der Tradition [6] der Kooperation mit den japanischen Hochschulen Osaka, Kagoshima und Tokyo kann an dieser Stelle ein interessantes, internationales Forschungsvorhaben fortgesetzt werden. Die asiatischen Staaten sind, analog zu Nordamerika, bisher bei dem Versuch gescheitert, technologische Kompetenzen valide von mathematisch/naturwissenschaftlichen Kompetenzen abzugrenzen.

Die nachhaltigsten und effektivsten Verbesserungen beim individuellen Studienerfolg sind von der Um-

setzung der didaktischen Paradigmen abhängig. Die konsequente Umsetzung der beschriebenen Handlungs- und Produktorientierung in Kombination mit effektiven, heterogenen und professionellen Lerngruppen lässt aus lernpsychologischer Sicht die größten Effekte erwarten.

## 1.4 Universal-Technik-Zentrum (UTZ)

Die intendierte Kooperation innerhalb einzelner Fachbereiche, aber auch fachbereichsübergreifend, setzt sowohl eine reale räumliche Verortung als auch eine spezifische Attraktivität der Angebote sowohl für die Lehrenden als auch für die Studierenden voraus. Im Gegensatz zu einem klassischen Universaltechnikraum, in dem vorwiegend haptische Tätigkeiten zu verrichten sind, entwickelt die Technikdidaktik ein Universal-Technik-Zentrum (UTZ). In einem räumlich getrennten, strukturell jedoch verbundenen Konstruktions- und Fertigungsbereich entsteht ein zeitgemäßes 3-D-Entwicklungs- und Virtualisierungszentrum. Die Hard- und Softwareausstattung ist multifunktional ausgelegt und wirkt konzeptionell den Kapazitätsgrenzen der realen Laborinfrastruktur entgegen [vgl. 7]. Neben modernen, semiimmersiven 3-D-Arbeitsplätzen besteht die Möglichkeit, Entwürfe über 3D-Großbildprojektionssysteme (autostereoskopisch, Shutter- und Polarisationstechnik) auch größeren Gruppen zu demonstrieren. Gebäude, Topografien, Maschinen, Prozesse und Systeme lassen sich hier quasireal konstruieren und simulieren. Ein Schwerpunkt der Entwicklung liegt dabei auf der Einbindung und Entwicklung interaktiver Schnittstellen. Viele Prototypen aus Metall und Kunststoff lassen sich direkt über die UTZ-eigene Lasersinteranlage bzw. diverse 3-D-Drucksysteme herstellen. Die Konzentration auf virtuelle Komponenten, gekoppelt

mit der bereits benannten Produktorientierung, zwingt die Studierenden (und interessierten Lehrenden) zur Kooperation. Im Werkstattbereich stehen ausschließlich Montageplätze zur Verfügung. Die zum Teil in größerer Stückzahl benötigten Komponenten müssen in den spezialisierten Werkstätten und Laboren der Hochschule vorbereitet und z. B. bei Spritzgussteilen auch produziert werden.

Das UTZ setzt nicht nur auf den motivationalen Charakter der neuen Technologien. In der nächsten Ausbaustufe eröffnet es den Studierenden zusätzlich ein rechnergestütztes Team- und Kooperationszentrum. In Analogie zu betrieblichen Abläufen lassen sich hier viele konstruktive, produktive und betriebswirtschaftliche Prozesse abbilden und individuell dokumentieren. Das System wird durch Komponenten des computergestützten Lernens ergänzt und ermöglicht die effektive Dokumentation der individuellen Lernprogression bis hin zur Erstellung von Bewerbungsunterlagen auf der Basis eines e-Portfolios.

## 2. Umsetzung

Obwohl das Institut für Mathematik- und Technikdidaktik formell erst im Januar 2013 gegründet wurde, befinden sich Teile des beschriebenen Konzeptes bereits seit dem Wintersemester 2012/2013 in der praktischen Umsetzung. Für das Sommersemester 2013 sind erste regelmäßige Veranstaltungen geplant. Zu diesem Zeitpunkt wird auch die erste Ausbaustufe des Universal-Technik-Zentrums realisiert sein. Insbesondere die individuelle Initialisierung der im Sinne der didaktischen Paradigmen beschriebenen Veränderungen erfordert einen erheblichen Zeitaufwand. Nach aktuellem Planungsstand ist für das kommende Wintersemester der Einstieg in die Problem- und Produktorientierung

vorgesehen. Erste Erfahrungen mit dem Lernmanagementsystem im Team- und Kooperationszentrum sind nicht vor dem Jahr 2015 zu erwarten.

Die Hochschule Bochum investiert zusätzlich zu den Fördergeldern erhebliche Mittel und Ressourcen in das vorgestellte Konzept. Alle Anstrengungen sind jedoch nur dann sinnvoll, wenn es gelingt, die Studienbedingungen und damit die Erfolgsaussichten der Studierenden in den Studiengängen der Ingenieurwissenschaften signifikant zu verbessern. Die Effektivität der intendierten Maßnahmen wird auch IMT-intern kontinuierlich formativ evaluiert. Bei Bedarf können daher notwendige Korrekturen sehr zeitnah vorgenommen werden. Ergänzend erfolgt im Rahmen eines neu entwickelten Monitoringsystems eine summative externe Effizienzbewertung. Auf der Basis anonymisierter Prüfungs- und Befragungsdaten lassen sich Trends und Effekte im Zusammenhang mit den realisierten Interventionen ableiten. Parallel zu diesen Kosten-Nutzen Abwägungen ergeben sich für die Technikdidaktik interessante Fragestellungen zum Beispiel zur Diagnostik technikspezifischer Kompetenzentwicklung oder zu den Effekten medienbasierter Lernmotivation. Über die entsprechenden Forschungsvorhaben wird noch zu berichten sein.

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr. paed. Michael Radermacher** | Institut für Mathematik- und Technikdidaktik (IMT) // Fachbereich Technikdidaktik, Hochschule Bochum // michael.radermacher@hs-bochum.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat 533 (2012): Zentralabitur an Gymnasien und Gesamtschulen Ergebnisse 2012. Düsseldorf 2012. Online verfügbar unter <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur/upload/download/Zentralabitur-Gymnasiale-Oberstufe-2012.pdf>, zuletzt geprüft am 29.05.2013.
- [2] Heublein, Ulrich (2012): Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. Hannover: HIS, Hochschul-Informationen-System.
- [3] Heublein, Ulrich; Hutzsch, Christoph; Schreiber, Jochen; Sommer, Dieter; Besuch, Georg (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. Hg. v. HIS Hochschul-Informationen-System GmbH. Hannover (HIS: Forum Hochschule, 2/2010). Online verfügbar unter [http://www.his.de/presse/news/ganze\\_pm?pm\\_nr=597](http://www.his.de/presse/news/ganze_pm?pm_nr=597), zuletzt geprüft am 05.01.2013.
- [4] Radermacher, Michael (2010): Inhalte allgemeinbildenden Technologieunterrichts. Ein praxisgeleitetes, integratives Strukturmodell auf der Basis etablierter Lehrpläne und Standards. Münster, 2010. Hamburg: Kovac (Schriftenreihe Didaktik in Forschung und Praxis, 51).
- [5] Sinn, Hansjörg (1990): Empfehlung des VDI zur Integration fachübergreifender Studieninhalte in das Ingenieurstudium. Hg. v. VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V. Online verfügbar unter [www.vdi.de/fileadmin/media/content/hg/21.pdf](http://www.vdi.de/fileadmin/media/content/hg/21.pdf), zuletzt geprüft am 04.01.2013.
- [6] Hein, C., Radermacher, M. (2009). Die heutige Situation und Probleme des Technikunterrichts in Deutschland. Research Journal of Technology Education, 68.7.2009. Tokyo
- [7] Jeschke, Sabina; Petermann, Marcus; Tekkaya, Erman (2011): Ingenieurwissenschaftliche Ausbildung – ein Streifzug durch Herausforderungen, Methoden und Modellprojekte. Hg. v. Ursula Bach und Sabina Jeschke. TeachING-LearnING.EU. Aachen (Next Generation Engineering Education).



---

# “Wir sprechen miteinander und ziehen am selben Strang”

## Interview mit den Professoren A. Erman Tekkaya und Johannes Wildt über Entwicklungen und Herausforderungen in der Ingenieurausbildung

### TeachING-LearnING.EU

Wie ist die Zusammenarbeit zwischen Ihnen beiden eigentlich entstanden und was waren ihre anfänglichen Motive?

#### A. Erman Tekkaya

Begonnen hat unsere Zusammenarbeit gleich zu Beginn meiner Tätigkeit an der TU Dortmund. Meine Erstsemester-Vorlesung Fertigungslehre wurde von 700 Studentinnen und Studenten besucht! Das war eine Herausforderung für beide Seiten - für die Studierenden und den Dozenten selbst. Deswegen haben wir das Zentrum für Hochschulbildung (zhb) um Hilfe gebeten. Das war unser erster Kontakt – und er war von Anfang an ertragreich.

#### Johannes Wildt

Ich erinnere mich aus der gesamten Zeit meiner Tätigkeit hier in Dortmund gerne an die Kooperationen mit den Fakultäten aus dem Ingenieurwesen - Bauingenieurwesen, BCI, Elektrotechnik und Maschinenbau. In der Zusammenarbeit, die sich mit Professor Tekkaya ergeben hat, gab es jedoch von vorneherein ein tiefgehendes wechselseitiges Verstehen. Daraus hat sich dann ein Interesse an Zusammenarbeit entwickelt, das in einer Vielzahl von Projekten bis heute trägt.

### TeachING-LearnING.EU

Das Kompetenzzentrum TeachING-LearnING.EU steht nun fast am Ende der dreijährigen Projektphase. Welche Diskussionen wurden ihrer Meinung nach in den letzten Jahren bei den Ingenieurfacultäten durch TeachING-LearnING.EU angestoßen?

#### A. Erman Tekkaya

Vor allem hat sich zunächst das Bewusstsein entwickelt, dass neue Ideen und Konzepte für das Lernen und Lehren hilfreich sind.

#### Johannes Wildt

Ich möchte das von Seiten des zhb noch ergänzen. TeachING-LearnING.EU war eine einmalige Chance, die Kooperation unter einer fachbezogenen und fachübergreifenden hochschuldidaktischen Perspektive auf eine solide Grundlage zu stellen. In Projekten, Weiterbildung und Beratung war immer geübte Praxis des zhb - bzw. des Hochschuldidaktischen Zentrums (HDZ) als seiner Vorläufereinrichtung - mit den Fakultäten zu kooperieren. Dass dies mit der überwiegenden Mehrzahl der Fakultäten auch durchgängig gelang, lässt sich an den Evaluationen, Rechenschaftsberichten und Beiträgen im „Journal Hochschuldidaktik“ zeigen. Es stellte sich jedoch immer wieder die Frage, wie man Kooperation ambitioniert gestalten könnte, um für beide Seiten produktiv zu sein. Für die Hochschuldidaktik steht

und stand dabei die Aufgabe im Mittelpunkt, das Lernen von den Studierenden her zu durchdenken und die Gestaltung der Lehre darauf zu beziehen. Wirkungsvoll kann das nur im Zusammenwirken mit den Fächern gelingen. Die Produktivität dieses Ansatzes wird in TeachING-LearnING.EU sichtbar und so macht Hochschuldidaktik Spaß.

### **A. Erman Tekkaya**

Genau hier hat man gesehen, dass Lehren und Lernen eine wissenschaftliche Tätigkeit ist und es zu den Aufgaben jeder Wissenschaft gehört, beides zu verbessern. Ich glaube, dass damit ein Umdenken begonnen hat. Wir können jetzt wesentlich besser mit den Kollegen aus der Didaktik kommunizieren und es findet ein intensiver Austausch statt. Momentan haben wir in der Fakultät mehrere neue Entwicklungen, zum Beispiel Ad-Hoc Umfragen in Vorlesungen, in denen die Studierenden mit ihren Handys mit uns kommunizieren können.

### **Johannes Wildt**

Ich finde, die Zusammenarbeit hat auch dazu geführt, dass viele hochinteressante Felder der Zusammenarbeit in der Didaktik der Ingenieurausbildung erschlossen wurden. Ich nenne hier nur die Labordidaktik, in der es uns darum geht, die Labore im Sinne von forschenden oder problemzentrierten Lernen weiterzuentwickeln, um damit die wissenschaftliche Qualität des Studiums zu steigern. Ein weiteres Beispiel ist die höhere Mathematik für Ingenieure. Dabei geht es im Kern darum, Abstraktionsleistungen und den Umgang mit

symbolischen Verfahren durch ingenieurgemäße Aufgabenstellungen in die Ausbildung zu integrieren. Projekte mit diesen und weiteren Themen sind mittlerweile zu einem Forschungsverbund zusammengewachsen, der nach Umfang und Substanz einem mittleren Sonderforschungsbereich entspricht.

### **TeachING-LearnING.EU**

Prof. Tekkaya, sprechen Sie eigentlich mit Kollegen über Lehre? Und wenn ja, wie sprechen Sie darüber und über was sprechen Sie genau?

### **A. Erman Tekkaya**

Ja, ich spreche mit den Kollegen und dem Dekan sehr viel über Lehre, weil ich ein Feedback bekomme. Das letzte Thema, über das wir sehr intensive Diskussionen hatten, war die Umsetzung der Modulprüfungen. Davor haben wir sehr oft über die Grundlagenfächer Mechanik und Mathematik gesprochen. Ich komme aus der amerikanischen Lehrkultur, die sich auf Grundprinzipien fokussiert, statt zu viele Inhalte in der Vorlesung unterzubringen. Die Studierenden sollten aber dennoch gerade in Mathematik und Mechanik das, was sie lernen, auch wirklich anwenden können. Das dritte Thema, über das wir zuletzt auch in internationalen Kontexten diskutiert haben, sind Labortätigkeiten. Gerade mit den virtuellen bzw. telemetrischen Labs sind wir in der internationalen Community der Produktionstechnik auf sehr fruchtbaren Boden gestoßen.

---

## **TeachING-LearnING.EU**

Prof. Wildt, wie motivieren sie die Lehrenden dazu, Konzepte umzusetzen, die sie als förderlich für das Lernen erachten?

### **Johannes Wildt**

Motive sind für gelingende Lehre von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Gleichzeitig sind aber die Möglichkeiten als Hochschuldidaktiker Lehrende zu motivieren sehr begrenzt. In der Regel muss schon mindestens eine Anfangsmotivation vorhanden sein. Auf dieser Grundlage kann ich etwas dafür tun, Bedingungen zu schaffen, um Motivation freizusetzen oder Möglichkeiten für sinnvolles didaktisches Handeln aufzuzeigen. Gute Gründe und auch eigene Forschungsergebnisse zeigen, dass die Motivation von Lehrenden steigt, wenn sie Zugang zu und Erfahrung mit dem Lernen von Studierenden gewinnen. Das gelingt umso besser, je interaktiver die Lehre gestaltet ist. Die meisten Lehrenden kennen das beglückende Gefühl, wenn sie sehen, wie sich die Talente der Studierenden entfalten. Diese Erfahrung, welche die intrinsische Motivation begünstigt, ist nicht zuletzt von den Lehr- und Lernkonzepten abhängig, die in der Lehrpraxis verwirklicht werden. In der Hochschuldidaktik existiert dazu mittlerweile ein - auch gut empirisch gesicherter - Wissensfundus. Hochschuldidaktik hat allerdings weder das Mandat, noch verfügt sie über die Möglichkeiten, den Fakultäten bzw. den Lehrenden daraus Vorschriften abzuleiten. Die Verantwortung für gute Lehre liegt dort, nicht bei der Hochschuldidaktik. Ich sehe deren Charme in ihrer Machtlosigkeit, die auf die Kraft des Arguments verwiesen ist. Entweder überzeugt die Argumentation oder eben nicht. Hochschuldidaktik verhält sich hier nicht anders als jede reflektierte Wissenschaft gegenüber Praxis. Sie benötigt aber selbst ein

wissenschaftliches Fundament, um ein verlässlicher Partner zu sein, der erkennbar macht, was er begründet leisten kann und was nicht.

### **A. Erman Tekkaya**

Die Zusammenarbeit basiert auf beiderseitigem Interesse. Daraus kann eine gemeinsame Sprache entwickelt werden. Die unterschiedlichen Kulturen - auf der einen Seite der Pragmatismus im Fach und auf der anderen Seite das didaktische Vorgehen - bringen unterschiedliche Terminologien und Ansätze mit sich. Darin lagen häufig größere Schwierigkeiten. Aber diese meistern wir zusammen mit TeachING-LearnING.EU, ELLI und anderen Projekten, auch zusammen mit unseren Partnern aus Aachen und Bochum. Wir sprechen miteinander und ziehen am selben Strang. Das finde ich sehr wichtig.

## **TeachING-LearnING.EU**

Wir haben ja schon über den fruchtbaren Austausch zwischen den Fächern und der Hochschuldidaktik gesprochen. Es gibt jedoch immer wieder die Behauptung, dass man gute Lehre kann oder eben nicht kann. Sie zu erlernen sei aber schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Was sagen Sie dazu?

### **Johannes Wildt**

Jeder Lehrende, und das können wir auch mit unseren Untersuchungen nachweisen, kann im Lehren dazulernen. Allerdings verlaufen die Lernprozesse überwiegend implizit autodidaktisch. Autodidaktisches Lernen ist jedoch nicht der effektivste Weg, das eigene Potential auszuschöpfen. Es liegt mittlerweile aber hinreichend empirische Evidenz vor, dass die Entwicklung von Lehrkompetenz durch Weiterbildung und Beratung wirkungsvoll unterstützt werden kann. Durch eine Kombination fachbezogener und fachübergreifender

Hochschuldidaktik kann der Wirkungsgrad gesteigert werden. Darin beruht ein wesentlicher Grund für die Institutionalisierung einer fachbezogenen Hochschuldidaktik in enger Wechselwirkung mit fachübergreifenden Perspektiven, wie sie in TeachING-LearnING.EU angelegt ist.

### **A. Erman Tekkaya**

Das kann ich aus eigener Anschauung bestätigen. Ich habe 1986 als Assistant-Professor in Ankara angefangen zu lehren. Ich war gerade 29 Jahre alt und beherrschte die Vorlesungsinhalte sehr gut. Aber die Vorlesung selbst wurde ihnen nicht gerecht, da mir schlicht die didaktischen Grundlagen fehlten. Das Rhetorische ist vielleicht mehr eine Begabung, aber die wissenschaftlich-didaktischen Grundlagen sind erlernbar und sollten auch erlernt werden. Man kann sich ihnen auch mittels des „Trial and Error“-Prinzips nähern. Ich vergleiche das mit der Fertigungstechnik. Sie können lernen, wie man ein metallisches Bauteil auf einen bestimmten Radius biegt, indem Sie es so lange ausprobieren, bis Sie das richtige Ergebnis erhalten haben. Aber wenn Sie vorher wüssten, was Rückfederung ist, welche Effekte Plastizität und Elastizität haben, dann könnten Sie das Teil mit einem Schlag in die gewünschte Form bringen. Natürlich gibt es Menschen, die durch Feedback schneller lernen und andere, die weniger schnell lernen, aber sich bestens weiterentwickeln, sobald sie die Grundlagen kennen. Die Behauptung, dass man entweder gut lehren kann oder eben nicht, halte ich für falsch.

### **Johannes Wildt**

Ich möchte das noch ergänzen. Sicher gehört es zur Qualität der Lehre, dass man die Wissenschaftsinhalte für die Studierenden interessant darstellt. Dazu kann rhetorische Schulung und Edutainment helfen. Rhetorik und Edutainment führen jedoch nicht bzw. nicht

allein zu verbesserten Lernergebnissen. Wichtiger ist es, Studierenden in ihrer Lernaktivität zu ermutigen und ihnen Feedback in Bezug auf ihre Lernentwicklung zu geben.

### **A. Erman Tekkaya**

In einer der Veranstaltungen, die wir im Rahmen von TeachING-LearnING.EU besucht haben, wurde das Konzept der Paradigmenänderung angesprochen: Menschen lernen dann am besten, wenn ein festgesetztes Paradigma widerlegt wird. Das habe ich in meiner Vorlesung angewandt und viel positives Feedback von den Studierenden bekommen. Dabei war die Änderung eigentlich eine kleine: Ich habe andere Fragen als vorher gestellt, und zwar so, dass sie eine Paradigmenänderung im Denken der Studierenden hervorgerufen hat. Das war für uns alle ein Aha-Effekt. In jeder Vorlesung stelle ich zwei Fragen und erwarte überwiegend falsche Antworten. Anschließend erläutere ich die richtige Antwort. Die Prüfungsergebnisse belegen, dass sich das auf diese Weise das Gelernte den Studierenden besser einprägt.

### **TeachING-LearnING.EU**

Wenn Sie das Verhältnis von Forschung und Lehre an der Universität beschreiben müssten, wie stehen diese beiden zueinander?

### **A. Erman Tekkaya**

Zunächst einmal denke ich, dass die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die ja ehemalige Studierende sind, gut ausgebildet sein müssen, um gut zu forschen. Sie müssen die entsprechenden Denkformen beherrschen, um ihre Forschungsarbeiten durchzuführen. Das heißt, dass sie die Kernthemen hinterfragen und das Verständnis für die Prozesse und die physikalischen

---

Phänomene beherrschen. Sie sollten auch wissen, wie sie selbst am effektivsten lernen. Die Verbindung von Lehre und Forschung ist also im Wissenschaftler selbst angelegt. Forschung muss auch der Lehre neue Ergebnisse zuführen und sie voranbringen, Forschungsergebnisse müssen also der Lehre zur Verfügung gestellt und integriert werden. Dafür müssen beide Bereiche miteinander kommunizieren. Je besser sie sind, umso besser ist natürlich auch ihr Zusammenspiel.

### **Johannes Wildt**

In der Hochschule gibt es den Konsens, dass die Lehre auf der Forschung basiert. Eine Lehre, die nicht auf Forschung gründet, kann nicht zu akademischer Qualität führen. Zu kurz gegriffen ist es jedoch, Lehre lediglich aus Forschung zu generieren. Es kommt vielmehr darauf an, Forschung in den Lernprozess zu integrieren. Das genau meint Forschendes Lernen. Dadurch soll den Studierenden ermöglicht werden in ihrem Fach eine forschende Haltung zu entwickeln. Das erreicht man nicht nur dadurch, dass wissenschaftsbasiert gelehrt wird, sondern dadurch, dass das Lernen im Modus des Forschens vor sich geht: also Fragestellungen gefunden, Probleme formuliert und analysiert, theoriegeleitet und methodisch angemessen nach Lösungen gesucht, die Ergebnisse diskutiert und Schlussfolgerungen begründet werden. Das ist ein Kernpunkt einer akademisch gehaltvollen Verbindung von Forschung und Lehre.

### **A. Erman Tekkaya**

Das Forschende Lernen ist sehr aufwendig und leider ist diese betreuungsintensive Form in den Vorlesungen, die ich halte, kaum zu realisieren. Aber dafür haben wir die Idee der telemetrischen Labore entwickelt. Auch hier geht es darum, den Prozess des Forschens in die Lehre zu integrieren. Dabei werden reale Labore und ihr Equipment für Studierende über das Internet fernsteuerbar

zugänglich gemacht. Die Studierenden können online Versuche durchführen, ohne selbst im Labor stehen zu müssen. Sie können dabei die Parameter der Versuche eigenständig ändern und das Ergebnis der Versuche ist damit offen. Darüber hinaus ist diese Vorgehensweise sicherheitstechnisch vorteilhaft und für empfindliches Equipment sinnvoll, denn auf diese Weise können Studierende dennoch mit den technischen Geräten selbstständig arbeiten und forschen. Die telemetrischen Labore weiter auszubauen und im Rahmen eines didaktisch sinnvollen Gesamtkonzepts in die Lehre zu integrieren, ist auch Inhalt eines umfangreichen Arbeitspaketes im Rahmen des Forschungsprojektes ELLI.

### **TeachING-LearnING.EU**

Die Nutzung des Internets für die Lehre ist natürlich ein interessanter Punkt. Was sagen Sie zur Entwicklung der Massive Open Online Courses (MOOCs)? Wie ist Ihre Meinung zu diesen Kursen?

### **A. Erman Tekkaya**

Ich selbst habe mir kürzlich Online-Vorlesungen der Yale-University über elektromagnetische Wellenausbreitung angesehen. Wenn man die Motivation zum Lernen hat, dann sind diese Veranstaltungen exzellent. Die Fachleute können das Wissen auf das Fundamentale reduzieren und davon kann man nur lernen, auch in meinem Alter. Das ist eine gute Möglichkeit, sich in ein Thema autodidaktisch zu vertiefen.

### **Johannes Wildt**

Solche Angebote lassen sich effektiv nutzen, wenn man auch gelernt hat, mit Informationen produktiv umzugehen. Wissenschaftliches Lernen ist eine Frage der Rezeption, der Verarbeitung und des Umgangs mit wissenschaftlichem Wissen. Wenn neues Wissen interessant

dargeboten wird, also auch anschaulich visualisiert wird, dann ist da gar nichts gegen zu sagen. Ich habe vor einigen Monaten ein interessantes Gespräch mit dem Provost einer amerikanischen Universität geführt, der vor der Frage stand, ob man die Grundlagenvorlesungen nicht mithilfe von MOOCs abschaffen und damit Lehrkapazität einsparen könnte. Abgesehen von dem didaktischen Problem, wie gesichert werden kann, dass die MOOCs am Vorwissen der Studierenden anknüpfen, stellt sich die Frage, welche Betreuung die Universität für den kompetenten Umgang mit dem dargebotenen Wissen anbieten kann. Auch wenn es dafür arbeitsaufwendige Online-Angebote gibt, mit denen die MOOCs-Anbieter im Übrigen hauptsächlich ihr Geschäftsmodell betreiben, liegt besonders hier die Aufgabe der Präsenzlehre. Höchste Wachsamkeit ist insofern geboten, dass durch die Priorität der Kapazitätspolitik nicht die fachliche Kompetenz vor Ort ausgehöhlt wird.

### **TeachING-Learning.EU**

Wir haben im Rahmen der Flexible Fonds einige innovative Lehrkonzepte fördern können. Welche Anreize, unabhängig von den finanziellen Mitteln, sind aus Ihrer Sicht vielversprechend, um gute Lehre zu erreichen?

### **A. Erman Tekkaya**

In jedem Fall die Leistungsbewertung der Professorinnen und Professoren. Diese ist aktuell an den Universitäten in Deutschland auf die Forschungsgelder bezogen. Man ist erfolgreicher, je mehr Forschungsmittel man einbringt und je mehr Veröffentlichungen man schreibt. Die Qualität der Lehre wird nicht in die Leistungsbewertung der Professoren integriert. Wenn dies geschehen würde, wäre das natürlich auch ein Anreiz.

Ich würde mir persönlich wünschen, dass ich für alles, was ich tue, bewertet werde und nicht nur für eine Teilleistung. Für mich ist die Lehre genauso wichtig wie die Forschung.

### **Johannes Wildt**

Ja, das ist eine Kulturfrage. Wenn der Wert der Hochschulbildung in Gesellschaft und den Hochschulen nicht verankert ist, dann wird man auch durch Maßnahmen extrinsischer Motivation nicht sehr viel weiterkommen. Ich setze da weiterhin auf die Einsicht von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, dass gute Lehre in ihrem eigenen Interesse liegt. Wenn erfahren wird, dass die Lehre nicht primär im Wiederkäuen von bereits Bekanntem liegt, sondern ein wichtiges Feld einer Reflexion von Erkenntnis und wissenschaftlicher Praxis darstellt, Anregungen zu Weiterentwicklungen gibt und bisweilen auch zu neuen Einsichten führt, dann ist mir um die Motivation nicht bange. Aber dazu braucht man eine Kultur der Lehre, die nicht nur von der Wertschätzung einzelner Lehrender abhängt, sondern deren Pflege eine Sache der Hochschule als Institution ist und im strategischen Management der Leitung einen hervorragenden Platz einnimmt. Nicht zuletzt ist auch der Einfluss der Studierenden nicht zu unterschätzen. Allerdings sind deren Einstellungen in vieler Hinsicht Spiegel der Kultur, die in den Hochschulen herrscht. Wenn sich deren Konsumentenhaltung auf der Liste der Klagen der Lehrenden häufig ganz oben findet, ist das weniger Grund zur Resignation, sondern Anlass zur Selbstreflexion von Lehrenden bzw. Hochschulen.

### **A. Erman Tekkaya**

Bei der Einstellung von Professorinnen und Professoren an vielen amerikanischen Universitäten gibt es zwei Grundvoraussetzungen: Exzellente Lehre und exzellente Forschung. Es gibt kaum Einstellungen nur aufgrund

---

der Forschungsergebnisse. Entscheidend ist nicht, dass eine rhetorisch einwandfreie Vorlesung gehalten wird, sondern dass innovative und kreative Lehrkonzepte entwickelt werden. Unser Umfeld in Deutschland ist damit momentan nicht vergleichbar, finde ich.

### **Johannes Wildt**

Das ist ganz charakteristisch, dass in den angelsächsischen Ländern die Lehre bei Einstellungen eine andere Rolle als in Deutschland spielt. Häufig werden Lehrportfolios oder andere Nachweise über die Anstrengungen und über die Verbesserung der Lehrkompetenz verlangt und im Arbeitsvertrag als persönliche Zielvereinbarungen verankert. Dazu gehören auch die Teilnahme an hochschuldidaktischer Weiterbildung und Beratung oder die Übernahme von Verantwortung in Modulen, Lehrgebieten bzw. Lerneinheiten sowie die Beteiligung an Weiterentwicklung und Qualitätssicherung in Lehre und Studium.

### **TeachING-LearnING.EU**

Jetzt haben wir viel über die aktuellen Herausforderungen in der Ingenieurlehre gesprochen. Lassen Sie uns doch zum Schluss noch in die Zukunft blicken. Wie sieht die ingenieurwissenschaftliche Lehre im Jahr 2030 aus?

### **Johannes Wildt**

Die Ingenieurstudierenden sind vom ersten Tag ihres Studiums in das ingenieurmäßige Arbeiten eingebunden, damit ihre Fragestellungen und Interessen einen Platz haben. Von Beginn an schließt das Studium an die Wissenschaftsentwicklung an, bereitet auf verantwortliches Handeln in Beruf und Gesellschaft vor und bietet Raum für Persönlichkeitsentwicklung. Die Studierenden sollten eine in Bezug auf ihre Lernprozesse

und intendierten Lernergebnisse zeitnahe Beratung erhalten, ein flexibles Lernangebot vorfinden und mit den Lehrenden entsprechende Lernvereinbarungen treffen. Über Lerngelegenheiten und ihre Nutzung sollte Evaluation Nachhaltigkeit sichern und Entwicklungen anstoßen. Feedback sollte den Studierenden zeitnah Hinweise auf die Fragen geben: „Wo stehe ich in meinem Lernprozess? Wo will ich hin und was muss ich tun, um von da, wo ich stehe, auch dort hinzukommen?“ Ein offener Lehrraum und Möglichkeiten zur selbstgesteuerten Navigation in vielfältigen Lernumgebungen ermöglichen und fördern Lernendenautonomie. Ein flexibles Netz von Beratungsangeboten verhindert, dass die Studierenden Orientierung verlieren und ins Leere fallen. An die Stelle eines an vorgegebenen Zeitstandards orientierten Studienabschlusses, sollte eine Entscheidung für eine Beendigung des Studiums treten, wenn der Erwerb der erforderlichen Kompetenzen nachgewiesen wird.

### **A. Erman Tekkaya**

Ich ergänze eine andere Perspektive: Wenn ich mir die Tätigkeit der Ingenieure heute anschau, hat sich viel verändert. Mein Studium begann mit drei Vorlesungen zum Thema Technisches Zeichnen. Heute haben die Studierenden nur noch eine Vorlesung zum Zeichnen, wenn überhaupt, weil das mittlerweile der Computer übernommen hat. Und der Computer macht das wesentlich besser, als es mit dem Lineal geht. Ich habe auch sehr viel Mechanik und Konstruktion gelernt, weil alles von Hand gerechnet und modelliert wurde. Heute kann bspw. die Finite-Elemente-Methode wie ein numerisches Experiment benutzt werden. Wir arbeiten wesentlich interdisziplinärer, und die Grenzen zwischen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen verschwimmen. Deswegen sind die Studieninhalte mehr und mehr auf die Prinzipien bezogen. Wir lehren mehr physikalische Grundsätze und weniger

ihre Anwendung. Das heißt auch, dass wir unsere Lehrkonzepte ändern müssen. Zum Beispiel wird heute an den modernen Maschinenbau-Fakultäten schon mehr Biologie, Chemie und wesentlich mehr Materialwissenschaften gelehrt. Die Studierenden wissen anschließend, wie und wozu man die verschiedenen Disziplinen verknüpft. Da sehe ich eine starke Evolution auf uns zukommen, und die adäquate Didaktik ist - noch - eine

*Das Interview führten Nina Friese und Dominik May*

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya** ist Leiter des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) an der Technischen Universität Dortmund. **Prof. (a.D.) Dr. Dr. h. c. Johannes Wildt** war bis März 2012 Leiter des Zentrums für Hochschulbildung der TU Dortmund. Beide sind bzw. waren am Standort Dortmund Antragsteller und Projektleiter für TeachING-LearnING.EU.

Herausforderung. Eine Herausforderung, der wir uns gern stellen, da haben wir noch viele Möglichkeiten, etwas Neues zu entwickeln.

### **TeachING-LearnING.EU**

Das ist doch ein schöner Schlusssatz. Vielen Dank für das Gespräch.

---

## **Berufliche Kompetenzen und Praxissimulation**

# **Abschlussbericht zum Lehrprojekt „Hands-on Mechatronik“**

## **Praxisorientierte Mechatronikausbildung im Rahmen der 2. Flexible Fonds Ausschreibung Praxisintegriertes Lernen in der Ingenieurausbildung**

### **Einleitung**

Die Zielsetzung des Lehr-Pilotprojektes „Hands-on Mechatronik – Praxisorientierte Mechatronikausbildung“ war die Verbesserung der Lehre in den Ingenieurwissenschaften durch eine gezielte Studierendenzentrierung in Form von aktiven, praxis- und ergebnisorientierten Lernformen in der Mechatronikausbildung. Bachelor-Studierende der Studiengänge „Maschinenbau“ und „Sales Engineering & Product Management“ an der Ruhr-Universität Bochum sollten sich im Rahmen der beiden Lehrveranstaltungen „Mechatronische Systeme“ im Wintersemester und „Entwicklung mechatronischer Systeme“ im Sommersemester nicht nur theoretisch sondern insbesondere praktisch mit mechatronischen Systemen und Komponenten sowie mit Methoden und rechnerbasierten Werkzeugen zur Entwicklung mechatronischer Systeme auseinandersetzen. Im Kern des Lehrprojektes befand sich ein projektorientiertes Praxisseminar, welches die Umsetzung mechatronischer Demonstratoren zum Ziel haben sollte. Die Bearbeitung konkreter Problemstellungen im Rahmen des Praxisseminars erfolgte durch die Studierenden eigenverantwortlich in Teams und

zielte darauf ab, selbstorganisiertes und aktives Lernen zu fördern. Orientiert an den Inhalten und den Aufgaben- bzw. Problemstellungen des Praxisseminars wurden die Inhalte der beiden Lehrveranstaltungen angepasst. Die Inhalte des Praxisseminars hatten zudem Bezug zu den Forschungsarbeiten und -aktivitäten des Lehrstuhls und führten hierdurch zu einer zusätzlichen Attraktivität für die Studierenden. Die wichtigsten Schlüsselemente bzw. Bausteine des Projektes werden in der folgenden Abbildung 1 verdeutlicht.

Im Rahmen des Lehrprojektes wurden die beiden Lehrveranstaltungen mit dem Fokus einer studierenden- und praxiszentrierten Lehre umgestaltet. Es wurden verstärkt die Studierenden und ihre aktiven Lernprozesse in den Vordergrund gerückt.

### **Ergebnisse**

Die bereits bestehenden und regelmäßig gehaltenen Lehrveranstaltungen „Mechatronische Systeme“ und „Entwicklung mechatronischer Systeme“ wurden um aktive sowie praxisintegrierte Lehr- und Lernformen erweitert.

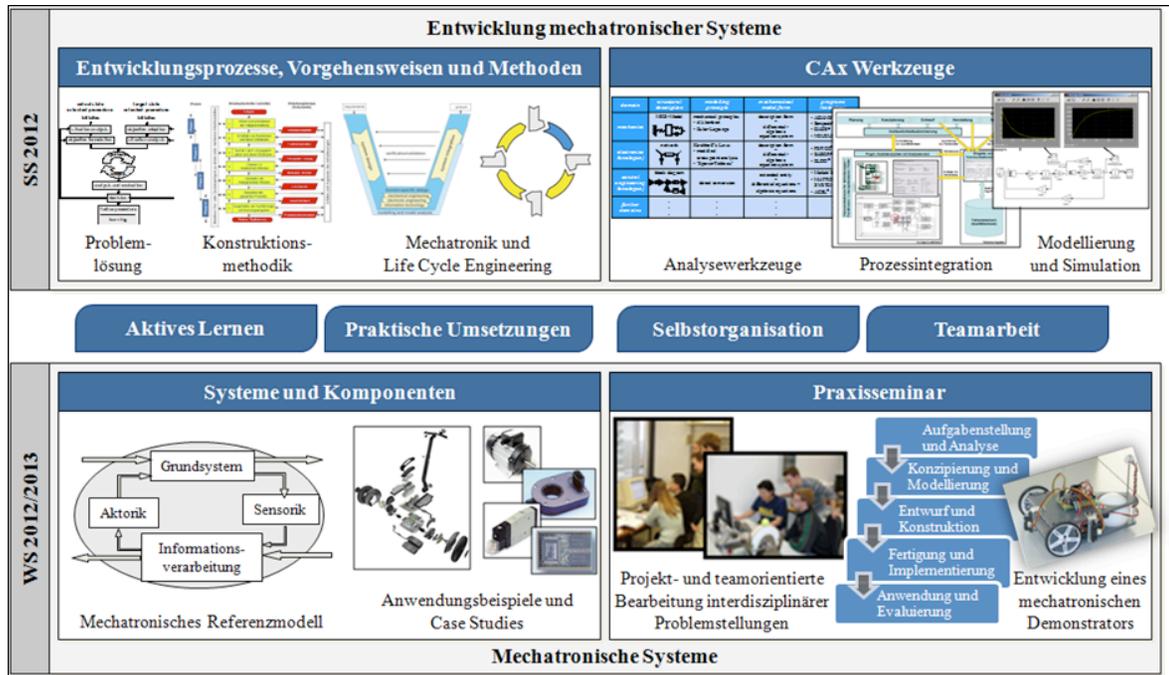


Abbildung 1: Bausteine des Lehrprojektes „Hands-on Mechatronik“

Im Rahmen der ersten Lehrveranstaltung wurde vorlesungsbegleitend ein intensiver Technologiebezug in Form von Anschauungsobjekten (z.B. Aktoren, Sensoren,...), Live-Demonstrationen mit Studierendenbeteiligung (z.B. Regelungstechnik, Robotik,...) und ein größerer Dialog zwischen den Studierenden hergestellt (siehe Abbildung 2, links). Parallel wurden die bisherigen Tafelübungen konzeptionell überarbeitet, um die formulierten Aufgabenstellungen in Form von Gruppen- und Teamarbeiten durch die Studierenden bearbeiten lassen zu können (siehe Abbildung 2, rechts). Die behandelten Aufgabenstellungen wiesen einen direkten Bezug zu konkreten Anschauungsobjekten aus der Vorlesung auf, so dass in den Übungen nicht nur theoretische

Ergebnisse erarbeitet, sondern auch praktische Untersuchungen durchgeführt wurden. Die Maßnahmen haben zu einer verbesserten Kommunikation und Interaktion zwischen Studierenden und Lehrenden geführt.

Die vermittelten Inhalte der ersten Lehrveranstaltung haben die teilnehmenden Studierenden befähigt, an einem projektorientierten Praxisseminar mitzuarbeiten, welches in der ersten vorlesungsfreien Woche im Wintersemester als Blockveranstaltung angeboten wurde. Die Teilnahme am Praxisseminar war freiwillig und wurde insbesondere durch eine attraktive Problemstellung motiviert. Im Rahmen des Praxisseminars erfolgte die Planung, Erarbeitung und Umsetzung eines innova-

tiven, mobilen Roboters mit lediglich einem Freiheitsgrad. Die Bearbeitung des Themas erfolgte in kleinen Teams mit jeweils vier Studierenden. Das Praxisseminar wurde von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern sowie einer studentischen Hilfskraft betreut. Es wurde im Vorhinein entsprechend der formulierten Problemstellung durch die Mitarbeiter vorbereitet. Die Bearbeitung durch die Studierendenteams erfolgte größtenteils eigenständig, selbstverantwortlich und selbstorganisiert und lediglich unter Hilfestellung der anwesenden

Mitarbeiter. Das Praxisseminar zeichnete sich dadurch aus, dass die konkret gegebene Aufgabenstellung zu unterschiedlichen Umsetzungen führen kann, wobei die einzelnen Studierendenteams sowohl Konzepte und Entwürfe erarbeiten mussten als auch für die Fertigung und den Bau der mechatronischen Demonstratoren zuständig waren.



Abbildung 2: Anschauungsobjekte und Gruppenarbeit im Lehrprojekt

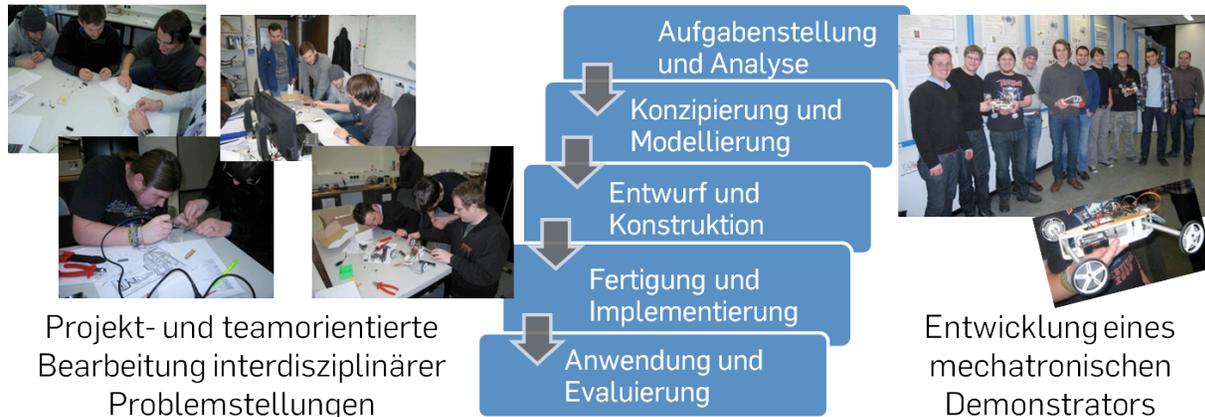


Abbildung 3: Inhalte und Ergebnisse des Praxisseminars

Weiterhin übernahmen sie die Inbetriebnahme der Demonstratoren und die praktischen Untersuchungen im Rahmen des Praxisseminars. Das im Lehrprojekt angebotene Praxisseminar grenzte sich aufgrund der Berücksichtigung des gesamten Entwicklungsprozesses eines mechatronischen Systems wesentlich von den bereits an anderen Universitäten vorliegenden „Wettbewerben“ ab.

Im Rahmen der zweiten Lehrveranstaltung „Entwicklung mechatronischer Systeme“ wurden die Inhalte der ersten Veranstaltung aufgegriffen. Gelehrt und gelernt wurden sowohl Vorgehenspläne und Methoden zur Entwicklung mechatronischer Systeme als auch die Anwendung rechnerbasierter Werkzeuge zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses. Die bislang „theoretisch“ vermittelten Inhalte wurden zum einen um realitätsnahe Beispiele (z.B. „Best-Practice-Beispiele“ aus der Industrie) als auch zum anderen um Anwendungen von Rechnerwerkzeugen und Computerprogrammen

für explizite Entwicklungsphasen und -tätigkeiten erweitert. Weiterhin kamen Werkzeuge verstärkt in den Übungen zum Einsatz. Auch hierbei wurde in Gruppen bzw. kleinen Teams gearbeitet.

## Evaluation

Die beiden Lehrveranstaltungen, in Rahmen derer das Lehrprojekt durchgeführt worden ist, sind von den Studierenden durchweg positiv beurteilt worden. Dies betrifft zum einen den Praxisbezug, die Weiterqualifizierung durch die praxisorientierten Inhalte und die Betreuung durch den Dozenten und die wissenschaftlichen Mitarbeiter sowie zum anderen den Ausbau der eigenen Soft Skills durch Teamarbeit und die Förderung der Lernmotivation durch kleine Projekte. Repräsentative Evaluationsergebnisse der Lehrveranstaltungen sowie des Lehrprojektes werden in den folgenden Abbildungen 4 und 5 veranschaulicht.

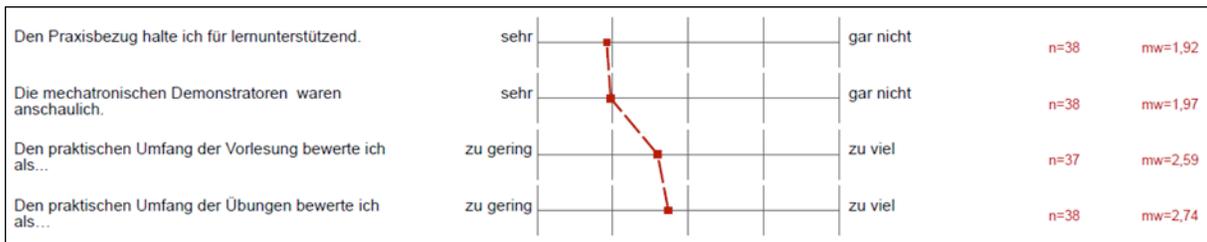


Abbildung 4: Evaluationsergebnisse mit Bezug zu praxisorientierten Inhalten

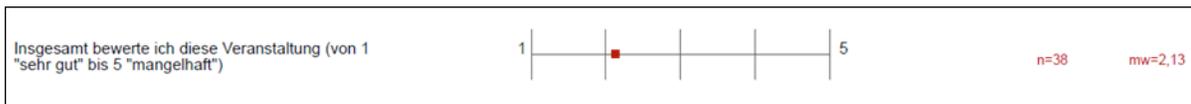


Abbildung 5: Gesamtevaluationsergebnis der Lehrveranstaltungen

## Nachhaltigkeit

Die beiden Lehrveranstaltungen „Mechatronische Systeme“ und „Entwicklung mechatronischer Systeme“ wurden vor sieben bzw. fünf Jahren als feste Bestandteile in den Lehrplan aufgenommen. Auch mit dem Abschluss des beschriebenen Lehr-Pilotprojektes werden

die erarbeiteten und umgesetzten Lehr- und Lerninhalte im Rahmen der Veranstaltungen aufrechterhalten und stetig weiterentwickelt.

**Projektbeteiligte:** Dipl.-Ing. Marc Neumann,  
Dipl.-Ing. Thomas Predki, Moritz Sporbeck

## Autorinnen und Autoren

**Dr.-Ing. Patrick Labenda** | Lehrstuhlleiter i.V. // Institut Product and Service Engineering // Fakultät Maschinenbau, Ruhr-Universität Bochum // Labenda@lmc.rub.de

# IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering

## Kurzbeschreibung des Projektes

Im Rahmen des Projektvorhabens „IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering“ wird zusammen mit der Professur für Arbeits- und Produktionssysteme der Technischen Universität Dortmund (APS) und Studierenden der Fachbereiche Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen und Logistik eine Kompetenzweiterentwicklung zur digitalen Prozessplanung ermöglicht. Die im Projekt erarbeitete Lehrveranstaltung „IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering“ ergänzt die Ausbildung eines Industrial Engineers durch die Planung und Umsetzung einer situationsgerechten IT-Architektur am Beispiel der Software „Plant Simulation“.

Die Industrie bedient sich verstärkt dem Einsatz der IT-gestützten Prozessplanung und prägt damit zunehmend das Berufsbild von Ingenieur/inn/en. Dies gilt auch für Industrial Engineers, die sich mit der Planung und Gestaltung von industriellen Produktionsprozessen befassen. Insbesondere in der Planungsphase komplexer Produktionsprozesse nutzen Unternehmen zunehmend verschiedene Werkzeuge der „Digitalen Fabrik“. Eine gute Vorbereitung der Studierenden auf ihren späteren Ingenieuralltag erfordert somit die Integration der Digitalen Fabrik in die Lehre. Ziel des Projektes ist es, den Studierenden einen frühzeitigen Umgang mit digitalen Planungswerkzeugen zu ermöglichen. Sie sollen ein Grundverständnis für die Digitale Fabrik aufbauen und die Potenziale der IT-gestützten Prozessplanung bewerten können. Dazu wird die Vermittlung von erforderlichem theoretischem Wissen mit gezielten praktischen

Erfahrungen verknüpft. Durch die Vermittlung von Wissen, dem Aufbau von Verständnis und dem Sammeln erster Anwendungserfahrungen soll die Basis für späteres kompetentes Handeln in Bezug auf IT-gestützte Prozessplanung gelegt werden.

Damit stellt dieses Vorhaben eine weitreichende Veränderung zur bisherigen universitären Ausbildung von Industrial Engineers dar, die Studierenden bisher nur wenige Berührungspunkte mit digitalen Methoden ermöglicht hat. Die Lehrveranstaltung „IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering“ ergänzt damit das bisherige Lehrangebot angehender Industrial Engineers und stellt einen wichtigen Baustein ihrer „Employability“ dar, die ihnen den Übergang von der Universität in den Beruf zukünftig erleichtert.

## Projektverlauf

In dem ersten Durchlauf der entwickelten Lehrveranstaltung wurde den Studierenden sowohl die Hardware als auch die benötigte Software „Plant Simulation“ für zwei Workshoptage bereitgestellt. Die Lernziele im Umgang mit Plant Simulation wurden den Studierenden transparent gemacht. Mit Hilfe einer Einführung in die Anwendung der Software und die Bedeutung ihrer Inhalte wurde ein erstes Verständnis für den Einsatzzweck dieses digitalen Planungswerkzeuges entwickelt. Die visuelle Ebene, das programmierbare Fundament von Plant Simulation wurde eingehend erläutert. Die nachfolgende Aufgabenstellung wurde klar definiert und zusätzlich verbal eingegrenzt. Für die Studierenden war



## Erste Ergebnisse

Die erste Durchführung der neuen Lehrveranstaltung „IT im Aufgabenfeld des Industrial Engineering“ zeigt, dass sie durch eine angepasste Organisation der Veranstaltung, Teilnehmeranzahl und Veranstaltungsdauer ein Erfolg für die Studierenden werden kann. Es hat sich einerseits gezeigt, wie umfangreich der Umgang mit digitalen Planungswerkzeugen wie Plant Simulation sein kann. Andererseits wurden aber ebenfalls die Potentiale dieser Anwendung ersichtlich. Die Studierenden konnten ein Verständnis der Digitalen Fabrik und erste Erfahrungen im Umgang mit IT-gestützten Planungsmethoden erlangen und ihre Potentiale bewerten. Der erste Kontakt mit digitalen Methoden in Form von praktischer Erfahrung bringt den Studierenden den nennenswerten Vorsprung, sich in einem digital planenden Unternehmen leichter integrieren zu können. Die Umsetzung von theoretischem Wissen in Form einer solchen projektorientierten Lehrveranstaltung verinnerlicht den Lehrinhalt und ermöglicht die Beobachtung und Bewertung von Auswirkungen und Entwicklungen der Digitalen Fabrik im industriellen Umfeld. Damit können besser Erkenntnisse über Vorteile und Potentiale, aber auch Probleme und Beschränkungen bei der Nutzung dieser digitalen Systeme erlangt werden. Folglich kann nachhaltig ein positiver Einfluss auf die Kompetenzentwicklung der Studierenden ermöglicht werden, die im Rahmen ihrer universitären Ausbildung praxisnahes Wissen erlangen bzw. bereits im Anwendungsfall exemplarisch umsetzen können.

## Weiterentwicklung des Konzeptes

Zur vollständigen Adaption der projektorientierten Lehrveranstaltung an die breite Studierendenmasse bedarf es nach Abschluss des ersten Durchlaufs die er-

wähnte Feinstrukturierung. Bei der Weiterentwicklung des Konzeptes muss beachtet werden, dass das anzuwendende Wissen vorab in der Lehre fest integriert ist, um das Vorhaben mit vergleichbaren Grundkenntnissen durchführen zu können. Weiterhin kann eine bessere Vorbereitung auf die Veranstaltung erzielt werden, indem Lernmaterialien mit dem notwendigen Grundwissen bereitgestellt werden. Dies fördert die Vermeidung von Interessensabnahme bei einigen Studierenden aufgrund ihrer teilweise fehlenden Vorkenntnisse. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Problemstellungen in Form von Fallbeispielen einen nicht zu hohen Komplexitätsgrad aufweisen, da sonst bei der Erlernung von Software fehlende Motivation und langsame Problembehandlung die Folgen sein können. Ein schrittweises Vorgehen bei der Umsetzung des Erlernten sowie der inkrementelle Aufbau zu einem Gesamtkonstrukt eines finalen, komplexen Systems wäre ein Lösungsansatz. Mit Vorausschau auf eine Anwendung im aktivierenden, physischen Experimentierumfeld im IE-Training Centre des Instituts für Produktionssysteme der Technischen Universität Dortmund (IPS) können die hier physisch abbildbaren konkreten Anwendungsfälle ebenfalls zur Simulation genutzt werden. Die sich ergebene verbesserte Verknüpfung mit der physischen Prozessplanung verdeutlicht den Studierenden darüber hinaus die Verwendung und die Einsatzgebiete der digitalen Planungswerkzeuge sowie die Schnittstellenposition im Produktentstehungsprozess.

## Kritische Reflexion

Dennoch sind kritische Aspekte in diesem Vorhaben zu identifizieren. Die Anbindung an die einzelnen Softwareprodukte, wie Plant Simulation, sowie die Lizenzierung der Software für den Umfang an Teilnehmenden bedeutet einerseits eine finanzielle Belastung

und andererseits einen ungewollten Fokus bzw. eine Abhängigkeit von einem speziellen Produkt. Daher gilt es in diesem Rahmen für die weitere Vorgehensweise festzulegen, ob diese Veranstaltung als allgemeiner Lehrinhalt oder weiterhin als ein Ergänzungsmodul mit beschränkter Teilnehmendenzahl angeboten werden soll. Letztendlich wird es den Studierenden überlassen sein, ob sie ihr erlangtes Wissen erhalten und fördern, da ohne Eigeninitiative bzw. Training das Erlernete besonders im Bereich der IT-Anwendungen leicht verloren gehen kann.

## Ergebnisse der Evaluation

Diese Aspekte bestätigten sich ebenfalls in der ersten Evaluation der projektorientierten Lehrveranstaltung. Die Studierenden sprachen kritisch die nur durch Eigenmotivation zu erreichende Nachhaltigkeit des Erlernten an. Sie waren sich jedoch alle über die Sinnhaftigkeit dieses Projektvorhabens als wichtige Vorbereitung und Erfahrung im Umgang mit digitalen Planungswerkzeugen einig. Die Veranstaltung wurde insgesamt positiv bewertet. Die Studierenden merkten die bereits benann-

## Autorinnen und Autoren

**Reza Jalali Sousanabady** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Produktionssysteme (IPS) // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [reza.jalali@tu-dortmund.de](mailto:reza.jalali@tu-dortmund.de)

ten Aspekte für eine Weiterentwicklung des Konzeptes an. Des Weiteren halten sie eine ausführlichere Erarbeitung der Grundlagenkenntnis sowie einen längeren Veranstaltungszeitrahmen für sinnvoll. Sie empfahlen die Kompetenzerweiterung durch dieses Lehr-Lernkonzept für weitere Studierende als wichtigen Schritt im praktischen Umgang mit theoretischem Wissen.

## Ausblick

Insgesamt ist es förderlich, das Projektvorhaben mit den neu erworbenen Erkenntnissen weiter zu optimieren und fortzuführen, um die Kompetenzentwicklung im Themenfeld der Digitalen Fabrik in der Lehre der Professur APS nachhaltig zu integrieren. Eine Weiterführung kann die Schnittstelle zwischen Theorie und Praxis der digitalen Prozessplanung bilden. Hier kann durch die vorhandene Kompetenz und die vorhandenen Mittel, wie dem IE-Training Centre, eine reale Umsetzung der von den Studierenden entwickelten Simulationsmodelle vorgenommen und damit eine stärkere Einbindung der Digitalen Fabrik in den Bildungsweg der Studierenden ermöglicht werden.

# Produktentwicklung in der chemischen Industrie

## Abschlussbericht zum Flexible Fonds Projekt

### Kurzbeschreibung des Projekts

Die Entwicklung neuer Produkte in der chemischen Industrie erfolgt heute in Konzernen und international agierenden mittelständischen Unternehmen in interdisziplinärer Zusammenarbeit und dezentralen Teams von u. a. Chemiker/inne/n, Verfahrenstechniker/inne/n und Vertriebsingenieur/inn/en. Von Berufseinsteiger/innen wird relativ schnell erwartet, in solchen Teams zu kooperieren und zu kommunizieren. In der Regel kommen hierbei Videokonferenzen zum Einsatz. Nach Unternehmenserfahrungen sind Hochschulabsolvent/inn/en jedoch nicht ausreichend auf diese Zusammenarbeit vorbereitet, weil dieser Aspekt in der fachlichen Ausbildung oft nicht berücksichtigt wird.

In dem durchgeführten Projekt hatten die Studierenden die Möglichkeit anhand eines Fallbeispiels, das aus einem Unternehmen akquiriert wurde, neben dem Erwerb von fachlichen Kenntnissen und Fertigkeiten zur Produktentwicklung die Zusammenarbeit und Kommunikation in dezentralen und multidisziplinären Teams zu trainieren. Die teilnehmenden Studierenden lernten, sich auf virtuelle Projekttreffen mittels Videokonferenzen vorzubereiten und diese durchzuführen. Dabei übten sie, Materialien den besonderen Anforderungen der Kommunikationssituation entsprechend vorzubereiten, angemessen zu kommunizieren und zu präsentieren.

Das Ziel des Vorhabens bestand darin, dass die Studierenden im Sinne der Handlungsorientierung lernen, über Fachgrenzen hinweg mit Expert/inn/en anderer Disziplinen zu kommunizieren, wie es in der chemischen Industrie real geschieht. Diese unterschiedlichen Fächer sind durch die beteiligten Lehrstühle und verschiedenen Studiengänge (Chemietechnik, Sales Engineering and Product Management und Verfahrenstechnik) repräsentiert. Neben den fachlichen Inhalten zur Produktentwicklung wurden anhand des Fallbeispiels insbesondere disziplinübergreifende Teamarbeit und Kommunikation zwischen technischen, naturwissenschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Fächern in dezentralen und daher virtuell arbeitenden Teams trainiert.

Weiterhin festigte jedes Team seine fachspezifischen Schlüsselqualifikationen, da neben dem problem- und praxisbasierten Lernen in der heterogenen Entwicklungsarbeit mittels fachspezifischer Arbeit und Präsentationen der Teamarbeit eigene Kernkompetenzen vertieft wurden. So erfolgte über eine Praxisintegration eine aktive Auseinandersetzung mit der Ingenieurspraxis und erleichtert so den Übergang vom Masterstudium in den Beruf.

Mit Abschluss des Projektes präsentierte die Gruppe die Ergebnisse des Fallbeispiels dem Unternehmen, welches dieses zur Verfügung gestellt hatte. So wurden auch die Präsentationsfertigkeiten trainiert, welche heu-

te im Unternehmensalltag zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Im Gegensatz zu traditionellen Veranstaltungsformaten im Vorlesungs- und Übungsstil sind die wesentlichen Veränderungen eine Anpassung der Arbeits- und Lernweise, die stark auf den Praxisalltag von Ingenieur/inn/en fokussiert. Hierzu tragen insbesondere die Elemente Projektorientierung, Videokonferenzen und Teamarbeit bei. Da die Veranstaltung neu angeboten wurde, kann kein Vergleich zu früheren Veranstaltungen mit dieser Thematik gezogen werden.

## Konkretes Vorgehen im Projekt

Im Seminar lernten die Studierenden im ersten Teil fachspezifisches Wissen des Produktentwicklungsprozesses und der Kommunikation in heterogenen, virtuellen Teams kennen. Im zweiten Teil erfolgte - als Anwendung dieses Wissens - eine Simulation des Produktentwicklungsprozesses anhand eines konkreten Fallbeispiels aus der industriellen Praxis, in der ein neues Produkt unter wissenschaftlicher und praxisnaher Anleitung entwickelt wurde. Die Veranstaltung konnte als Blended Learning Seminar ausgelegt werden. Verpflichtende Präsenztermine waren die Seminareinführung, die Vermittlung des Fachwissens und die Abschlusspräsentation. In der Phase der Produktentwicklung wurden disziplinspezifische Kleingruppen gebildet, die selbstorganisiert ihre Teilaufgaben bearbeiteten. Dazu musste ein regelmäßiger, standortübergreifender Austausch mit Arbeitsgruppen der anderen Disziplinen und im gesamten Seminarteam zu Stande kommen, um Schnittstellen zu klären und eine schlüssige Gesamtlösung zu erarbeiten.

Zur Simulation der virtuellen Zusammenarbeit wurden jeweils zwei Seminarräume an der Ruhr Universität Bochum (RUB) und einer an der Technischen Universität Dortmund (TUD) mit einem Videokonferenzsystem ausgestattet. Begleitend wurde ein Online-Kurs in dem Lernmanagementsysteme Blackboard der RUB eingerichtet, in dem die relevanten Seminarinformationen und Materialien, ein Diskussionsforum und die Möglichkeit des Dokumentenaustauschs verfügbar waren. Zudem wurde ein Sharepoint eingerichtet.

Die Vermittlung des Fachwissens zur Produktentwicklung erfolgte durch die beteiligten Hochschullehrenden sowie Gastdozierende aus den Unternehmen. Die Hochschullehrenden bezogen aktuelle Forschungsergebnisse im Sinne des forschenden Lernens und Forschungs-Lehre-Transfers in diese Vermittlungsphase mit ein und die Gastdozierenden gaben den Bezug zur Praxis. So wurde die Grundlage zum Theorie -Praxis-Transfer geschaffen.

In der Phase der Produktentwicklung wurden Kleingruppen der jeweiligen Disziplinen gebildet, die selbstorganisiert ihre Teilaufgaben bearbeiteten. Diese Arbeitsphasen wurden durch wissenschaftliche Mitarbeiter/innen der jeweiligen Fachrichtung betreut. Auf Basis der Kleingruppenarbeit fand 14-tägig der Austausch des gesamten Seminarteams auf virtueller Ebene statt, um Schnittstellen zu klären und eine schlüssige Gesamtkonzeption zu erarbeiten. Die Industrievertreter/innen bewerteten regelmäßig die Praxistauglichkeit der Zwischenergebnisse und stellten den Anwendungsbezug dar.

Im Sinne einer handlungsorientierten Prüfungsform, welche der Beurteilung von Arbeitsergebnissen in Unternehmen gleicht, wurde von den Studierenden zum Ende eine Abschlusspräsentation ihrer Ergebnisse ge-

ben und zum anderen ein schriftlicher Bericht erstellt. Auf eine Abschlussklausur wurde aufgrund des projektorientierten, simulativen Charakters der Veranstaltung verzichtet.

Während der Abschlusspräsentation wurden in Kurzform die wichtigsten Ergebnisse der Arbeitspakete der einzelnen Disziplinen dargestellt, wobei Wert auf die Vernetzung der Ergebnisse untereinander und die Abhängigkeiten von den Ergebnissen der anderen Disziplinen gelegt wurde. Diese Ergebnisse wurden im schriftlichen Bericht dann ausführlich von den Teilnehmenden einzeln dargelegt. Hier erfolgte nun als wichtiger Bestandteil am Ende jedes Berichts eine individuelle Reflexion des Seminars mit Schwerpunkt auf Kommunikations- und Wissensbarrieren. Hier wurden Positiv- und Negativbeispiele aufgezeigt und die Entwicklung und der Abbau dieser Barrieren gekennzeichnet.

### **Ergebnisse / kritische Bewertung**

Alle Projektziele wurden fast durchgängig erreicht und die Veranstaltung wurde sowohl von Studierenden, als auch von Lehrenden und Industrievertreter/inne/n als erfolgreich gewertet. Für die Veranstaltung wurde innerhalb der standardisierten Evaluation der Ruhr-Universität Bochum von allen Gruppen im Durchschnitt eine Schulnote von 1,6 vergeben.

Die Studierenden freuten sich über die Anwendungsorientierung und den Praxisbezug sowie den aktivierenden und interdisziplinären Charakter als Mehrwerte der Lehrveränderung. Dies zeigte sich in Rückmeldungen, aber auch an dem Engagement während der Veranstaltung im Vergleich zu konventionellen Veranstaltungen. Schwierigkeiten traten insbesondere bei mangelnder Datenlage und mangelnder Schärfe des Szenarios auf,

wenn Annahmen getroffen werden mussten. Dies verstärkte jedoch auch die Diskussionskultur. Bei der Weiterentwicklung ist auf eine gute Balance zwischen hohem Freiheitsgrad zur selbständigen Bearbeitung der Aufgaben durch die Studierenden sowie dem Anregen von Diskussionen und einer hinreichenden Schärfe der Inputs durch Lehrende und Industrie zu achten. Beachtet werden sollte außerdem, dass die Gruppengröße insgesamt 20 Studierende nicht überschreitet, da sonst die gewünschte Interaktion zwischen allen Mitgliedern nicht mehr zustande kommen kann und die Fülle an Arbeitsaufgaben das Projekt zu komplex werden lassen würde.

### **Die Meinung der Studierenden**

Die Studierenden äußern sich sehr positiv zum Veranstaltungskonzept: Sie meinen, es solle mehr solcher Veranstaltungen geben. Besonders positiv wird die Praxisnähe hervorgehoben. Die Studierenden reflektierten, dass sie sich in einer klassischen rezeptiv ausgerichteten Lehrveranstaltung „nicht mit den Themen“ beschäftigen würden. In dieser Veranstaltungsform sei dies in „intensiver“ Weise der Fall. Dadurch lernten sie „schneller und nachhaltiger“. Das sei ein „großer Mehrwert“ für ihr Lernen. Besonders anstrengend wurde der Druck von den anderen Gruppen empfunden, wenn Ergebnisse gebraucht wurden, die man selbst noch nicht liefern konnten. Einige Gruppen hatten am Ende sehr viel Arbeit, bei anderen ist die Arbeit mehr verteilt gewesen. Dies entspricht dem Charakter von Projektarbeit des Ingenieuralltags in Unternehmen und kommt durch die Schnittstellenherausforderungen zu Stande. Außerdem hat es ein Verschieben von Aufgaben und Kompetenzen gegeben. Gemeint ist, dass teilweise Aufgaben übernommen wurden, bei denen sich später herausgestellt hat, dass es eigentlich eher die Aufgaben einer anderen

Gruppe gewesen seien. Für die Studierenden sei die Einschätzung schwierig gewesen, ob sie für bestimmte Aufgaben zuständig seien oder ob eine andere Gruppe diese Aufgaben zu erfüllen hatte. Weiter meinen sie: Insgesamt befanden die Studierenden die Veranstaltung als eine gute Vorbereitung auf die spätere berufliche Praxis.

Zum Unterstreichen seien hier einige Zitate angeführt:

„Wir lernen hier auf jeden Fall mehr als in anderen Veranstaltungen“.

„Das Know-How der anderen und das interdisziplinäre Arbeiten ist extrem gut, um die komplexen Zusammenhänge zu verstehen“.

„Wir müssen aus vier Jahren Studium endlich mal was anwenden“.

„So kann ich Prozesse nachvollziehen und früher gelernte Methoden anwenden“.

„Man ist gezwungen am Thema zu arbeiten, das ist gut, das ist wie in einer Privatuni. Man lernt viel mehr, in den kleinen Gruppen und mit der Betreuung. Man bleibt viel mehr im Stoff“.

„Wir haben deutlich höhere Lernerfolge, obwohl wir oft ins Blaue raten. Es ist förderlich, dass wir viel selbst ausarbeiten“.

„Durch die ständige Interaktion lernen wir viel mehr und es ist berufsrelevant“.

„Ich komme jetzt gerne wieder zur Uni. Das war vorher nicht so, nein. Das bleibt auch in Erinnerung und ist auch für Bewerbungen gut. Die wollen ja manchmal wissen, was man in der Uni so im Einzelnen gemacht hat, da wusste ich nie wirklich was zu sagen. Jetzt kann man hiervon erzählen. Das ist doch wirklich was“.

## Nachhaltigkeit

Die Veranstaltung wird mindestens über die nächsten fünf Jahre in dieser Art weiter geführt werden. Auf eine Ausweitung der Teilnehmendenzahl wird bewusst verzichtet werden, da es entweder bei gleichem Betreuungsaufwand der Konzeption der Veranstaltung schadet oder bei der Einführung mehrerer paralleler Gruppen die zur Verfügung stehenden Betreuungskapazitäten übersteigen würde. Daher wird die Veranstaltung auch weiterhin als technisches Wahlfach angeboten und nicht in Pflichtkataloge aufgenommen werden. Zum Abschluss wurde von den Lehrenden ein Skript für weitere Generationen zum verbesserten Einstieg in die Veranstaltung erstellt.

## Autorinnen und Autoren

**Stefan Lier** | Akademischer Rat // Lehrstuhl für Fluidverfahrenstechnik // Fakultät Maschinenbau, Ruhr-Universität Bochum // Lier@FluidVT.rub.de

# Neukonzeption einer Vorlesung „Spanende Werkzeugmaschinen II“

## Ein Beispiel für mehr Praxisbezug in der Lehre

### Einleitung

Dieser Best Practice Beitrag beschreibt die Umstellung der Vorlesung „Spanende Werkzeugmaschinen“ von einer Frontalvorlesung auf ein Projektseminar. Die Herausforderungen auf Seiten der Vorlesungsbetreuer lagen in der Neukonzeption eines solchen Projektseminars anhand der bisherigen Vorlesungsunterlagen. Hierzu wurden die einzelnen Vorlesungsinhalte in einen „Masterplan“ überführt. Dieser musste in einem von den Studierenden selbst zu erstellenden Milestone Plan Abbildung finden, um im Vorfeld sicherzustellen, dass die Lehr- und Lernziele von den Studierenden mit Sicherheit erfasst werden. Anhand des Milestone Planes, der regelmäßige Treffen mit den Projektbetreuern vorsieht, wurde die Aufgabenstellung von den Studierenden entsprechend realitätsnah bearbeitet. Die Ergebnisse wurden in einer Abschlusspräsentation der Prüfungskommission, einem „Vorstand“ eines virtuellen Unternehmens, vorgestellt.

### Zielsetzung und Motivation

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die bisherige Form der Vorlesung „Spanende Werkzeugmaschinen II“ wenig zur nachhaltigen Vermittlung der geplanten Lehrinhalte geeignet ist. Hauptproblem war die lineare Abarbeitung vorgegebener Vorlesungsinhalte mit nur geringem Realitätsbezug. Da in

dieser Vorlesung jedoch keine Grundlagen vermittelt werden sollten, sondern auf das Wissen aus vorherigen Vorlesungen zurückgegriffen wurde, entstand oftmals der Eindruck einer Wiederholung von bekannten Themen anhand neuer Beispiele. So konnten die zentralen Problemstellungen lediglich anhand von theoretischen Fragestellungen behandelt werden oder mit idealisierten Beispielen unterlegt werden. Die Vermittlung von Praxiswissen wurde nur rudimentär behandelt. Erfahrungen aus zuvor überarbeiteten Vorlesungen und der informelle Austausch mit Nachbarinstituten zeigten jedoch, dass eine selbstständige Arbeit der Studierenden zu Lösungsfindung sowie das bewusste „Machen von Fehlern“ einen nachhaltigen Wissensaufbau fördern. Daher war das Ziel der Umstellung zu einem Projektseminar einen deutlichen Praxisbezug herzustellen. Zudem sollte die Motivation bezüglich der Mitarbeit der Studierenden durch ein Höchstmaß an selbstständiger Arbeit gesteigert werden.

Das Konzept sah die Schaffung einer realitätsnahen Lernumgebung vor. Dies bedeutet, dass die Betreuer der Vorlesung als Vorstand eines mittelständischen Unternehmens agieren, diese geben der jeweiligen Projektgruppe eine konkrete Fertigungsaufgabe. Der Aufgabe entsprechend sollte eine in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht geeignete Maschine beschafft werden. Erfahrungen der Institutsleitung sowie ehemalige Mitarbeitende sprachen diesem Projektszenario eine hohe Realitätstreue zu.

Anhand einer 30-40 minütigen Abschlusspräsentation war es schlussendlich Aufgabe der Projektgruppe den „Vorstand“ von der Freigabe der virtuellen finanziellen Mittel zu überzeugen.

### **Umstellung der Vorlesung: Von der Frontalvorlesung zum Projektseminar**

Die Hauptherausforderung bestand in der vollständigen Umstellung der bisherigen Frontalvorlesung in ein von den Studierenden weitestgehend selbstorganisiertes bzw.- selbstbearbeitetes Projektseminar. Hierzu musste zunächst ein Konzept erarbeitet werden, welches sicherstellte, dass die Studierenden die wesentlichen Inhalte einer solchen Projektaufgabe selbstständig erfassen können. Zu diesem Zweck wurde ein Musterablaufplan erstellt. Hierzu wurden die einzelnen Vorlesungsinhalte in Milestones umgewandelt, welche im Projektmanagement der Studierenden zwingend behandelt werden sollten. Um dies sicherzustellen, wurde in der Aufgabenstellung die Konzeption eines solchen, von der Gruppe individuell gestalteten Milestone Planes, als integraler Bestandteil festgelegt. Durch eine gemeinsame Analyse der Pläne wurde sichergestellt, dass die Studierenden die wesentlichen Inhalte im Verlauf des Projektes selbstständig erarbeiten können. Mit der nach den vorgenommen Ergänzungen endgültigen Aufstellung des Milestone Planes legten die Studierenden folglich indirekt einen festen Zeitraum fest, in dem die Aufgabe zu bearbeiten war. Hierdurch wurde ein Bezug zum späteren Arbeitsalltag, in welchem Projektabgabetermine fest vorgeschrieben sind, hergestellt. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Studierenden weitere Vorlesungen bzw. Prüfungsvorbereitungen zu bewältigen haben, wurde das Projektende bzw. der Präsentationstermin von den Gruppen selbst bestimmt.

Eine weitere Herausforderung der Umstellung bestand in der Notenfindung. So wurde in den vorbereitenden Diskussionen mit Mitarbeitenden des ISF häufig der Hinweis gegeben, dass bei einer Gruppenbenotung keinerlei Unterscheidung zwischen dem individuellen Engagement der Studierenden während der Projektbearbeitung gemacht werden könne. Hier bestand die Problematik, dass Studierende mit unterschiedlichem Arbeitsaufwand die gleiche Note erhalten. Als Lösung hierzu sollten die Studierenden ihre eigene Arbeit durchgängig dokumentieren. Sollte es bei der Notenfindung zu Problemen innerhalb der Gruppe kommen, könnte anhand von gezielt gestellten Fragen an die einzelnen Gruppenmitglieder zu den Projekthalten überprüft werden, inwieweit sich die Studierenden persönlich mit den notwendigen Inhalten befasst haben. Drüber hinaus half die Dokumentation dabei dann die Noten individuell zu gestalten.

### **Feedback der Studierenden**

Zur Evaluation der Effektivität und Akzeptanz der Vorlesungsumstellung wurden die Studierenden gebeten, am Ende des Projektseminars einen anonymen Fragebogen auszufüllen. Neben einer Bewertung der Vorlesung hinsichtlich der Güte der Lehre waren insbesondere Hinweise auf weitere Verbesserungen von wesentlicher Bedeutung.

Grundsätzlich hielten die Studierenden diese neue Form der Vorlesungsgestaltung für ansprechend und sehr geeignet. Insbesondere die Arbeit in Kleingruppen wurde von den Studierenden geschätzt. Darüber hinaus gaben die Studierenden an, dass sich durch die eigenständige Arbeitsweise ein größerer Lerneffekt einstellte und Wissen auch nachhaltig erworben wurde.

Kritikpunkte gab es hinsichtlich der Einholung der notwendigen Angebote zur Maschinenbeschaffung. Hier wurde hauptsächlich die fehlende Kommunikationsbereitschaft der angeschriebenen Unternehmen bemängelt. Dies führte nach Aussage der Studierenden zur unnötigen Wartezeit, die den Projektfortschritt hemmte. Hier gaben die Studierenden den eindeutigen Hinweis, die Einholung der Angebote den Betreuern des Projektseminars zu überlassen, da eine schnellere Reaktion der Maschinenhersteller zu erwarten sei. Dieser Vorschlag wurde versuchsweise übernommen und brachte nachweislich den gewünschten Erfolg.

### **Erfahrungen der Projektbetreuer**

Für die Projektbetreuer standen bei ihrer Bewertung der bisherigen Umstellungen insbesondere die sozialen Komponenten im Mittelpunkt. Einheitlich wurde insgesamt festgestellt, dass mit der nun möglichen und gegenüber der Frontalvorlesung deutlich stärkeren persönlichen Betreuung der Studierenden die Akzeptanz der Vorlesung über eine bloße Pflichtaufgabe hinausging. Als positiver Nebeneffekt der regelmäßigen Treffen wurde angeführt, dass die Studierenden aus der Anonymität einer Frontalvorlesung heraustreten konnten. Durch den persönlichen Kontakt mit den Projektgruppen stieg die persönliche Identifikation mit der Arbeit der Studierenden. Zusätzlich berichteten die Projektbetreuer von einem deutlich gesteigerten Maß an Bereitschaft der Studierenden, eigenverantwortlich zu arbeiten.

Eine Problemstellung, welche in Zukunft innerhalb des Projektseminars jedoch vertieft behandelt werden muss, ist die Darstellung der Ergebnisse in einer aussagekräftigen Präsentation. Hier zeigte sich schnell, dass die bisherigen erlernten Präsentationstechniken der Studierenden nicht ausreichend sind, um die detailliert

erarbeiteten Ergebnisse entsprechend vorzustellen. Als Lösungsmöglichkeit bietet sich hier ein Termin an, an dem gesondert Präsentationen vorgestellt und trainiert werden. Hierdurch kann ein unnötiger Mehraufwand bei der Erstellung der Abschlusspräsentation durch eine Vielzahl von Korrekturschleifen vermieden und die Studierenden mit aktuellen Präsentationstechniken vertraut gemacht werden

### **Potenziale für eine innovative Vorlesungsgestaltung**

Aus den bisherigen Erfahrungen und dem Feedback der Studierenden und der Projektbetreuer lassen sich für die allgemeine Neustrukturierung von Vorlesungen im Bereich der Produktionstechnik einige allgemeine Anregungen ableiten. So hat sich gezeigt, dass die Nachhaltigkeit von Lehrinhalten durch die Einbindung von Praxisbezug deutlich gesteigert werden kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn für die Bearbeitung einer vergleichbaren Projektaufgabe auf bereits vorhandenes Wissen zurückgegriffen werden kann. Dieses Wissen wurde zuvor in der Vorlesung erworben. Die praktische Arbeit an einer konkreten Aufgabestellung machte die selbstständige Anwendung dieser Wissensbasis notwendig. Zudem steigerte die Arbeit in bewusst klein gehaltenen Projektgruppen die Motivation und das Engagement der Studierenden. Gegenüber der konventionellen Prüfungsvorbereitung brachte das Konzept einen großen Vorteil, da die Studierenden in einem hohen Maße selbst verantwortlich arbeiten durften, was sich dann direkt auf den Lernerfolg auswirkte.

Von Seiten der Projektbetreuer ließen sich gezielt individuelle Lehr- bzw. Lernprobleme angehen. Die in den Projekttreffen gestellten Fragen ermöglichten es, einzelne Studierende in kritischen Problematiken Hil-

feststellungen zu geben. Neben den Gesprächen in den Treffen bewährten sich hierbei insbesondere die Empfehlung von Lehrbüchern zu der jeweiligen Thematik. Im Bereich der Werkzeugmaschinen stehen in Deutschland einige Standardwerke zur Verfügung, auf welche in den Vorlesungen am ISF zurückgegriffen wird, wie z.B. [1]. Die zusätzliche Lektüre dieser Schriftenreihen war nach Aussage der Studierenden eine willkommene Ergänzung.

Ein weiterer Aspekt der zum Erfolg von Lehrinhalten beitragen kann, ist die Arbeit in Kleingruppen (3-4 Personen). Hier ist, auch in Hinblick auf Diversität, eine bewusste Durchmischung der Gruppen, etwa durch Losen, zu empfehlen. Die Arbeit in Projektgruppen ist in der modernen Arbeitswelt ein wesentlicher Bestandteil von Ingenieuren. Es ist also notwendig, entsprechende soziale Kompetenzen auszubauen. Dies gelingt in hohem Maße durch praktisches Lernen. Es konnte innerhalb der Projektgruppen ein starkes Engagement hinsichtlich einer flachen, aber klar definierten Gruppenstruktur beobachtet werden.

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr. -Ing. Dirk Biermann** | Institutsleiter // Institut für Spanende Fertigung // Fakultät für Maschinenbau, TU Dortmund // [biermann@isf.de](mailto:biermann@isf.de)

**Tobias Brüggemann** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Spanende Fertigung // Fakultät für Maschinenbau, TU Dortmund // [brueggemann@isf.de](mailto:brueggemann@isf.de)

**Markus Steiner** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Spanende Fertigung // Fakultät für Maschinenbau, TU Dortmund // [steiner@isf.de](mailto:steiner@isf.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Klocke, Fritz; (2008), *Fertigungsverfahren 1 Drehen, Fräsen, Bohren*, König Wilfried Berlin, Heidelberg, ISBN: 978-3-540-35834-

## Zusammenfassung

Innerhalb des von der TeachIng-LearnIng EU Flexible Fonds Initiative geförderten Projektes „Spanende Werkzeugmaschinen II - Beschaffung einer Werkzeugmaschine“ wurde eine Frontalvorlesung in ein Projektseminar überführt. Die Studierenden agierten hierbei als Projektgruppe in einem mittelständischen Unternehmen, welche eine konkrete, realitätsgetreue Projektaufgabe zu bearbeiten hatte. Die erfolgreiche Bearbeitung dieser Aufgabe erforderte neben der praktischen Umsetzung theoretischer Grundlagen und der Auseinandersetzung mit bisher unbekanntem technologischen Fragestellungen Kompetenzen im Bereich des Projektmanagements sowie an gruppensozialen Fertigkeiten. Auf Basis eines strukturierten und von den Betreuern geprüften Milestone Planes wurde die Projektaufgabe von den Studierenden größtenteils selbstständig bearbeitet. Projekttreffen stellten den kontinuierlichen Lehr- und Lernfortschritt sicher. Das positive Feedback der Studierenden zeigte, dass die neue Form der Lehrveranstaltung sehr geeignet ist, um die Nachhaltigkeit des Wissenserwerbs deutlich zu steigern.

# Simulation und Herstellung nanoelektronischer Bauelemente

## Entwicklung einer integrierten Lehrveranstaltung

### Kurzbeschreibung des Projektplans

Klassische Lehrveranstaltungen an Universitäten können insbesondere in den Ingenieurs- und Naturwissenschaften in weiten Teilen nicht die gewünschten bzw. geforderten Lernerfolge erzielen. Hauptgrund dafür ist die immer noch mangelnde Verbindung zwischen theoretischer und praktischer Ausbildung. Im hier vorgestellten Projekt sollte eine Lehrveranstaltung entwickelt werden, die die vorhandene Lücke zwischen theoretischer und praktischer Ausbildung durch die vorteilhafte Kombination verschiedener Lehrformen und -inhalte überwindet. Konkret wurde ein Modul entwickelt, das aus zwei Teilen zu je 3 SWS besteht. Im ersten Teil erstellen die Studierenden in Zweiertteams jeweils eigene Software-Programme zur quantenmechanischen Simulation von nanoelektronischen Transistoren. Dieser Teil der Lehrveranstaltung besteht aus einem kurzen Vorlesungsblock mit anschließender Übung, wobei die Übung die gelehrteten Inhalte direkt vertieft, und vor Ort unter Anleitung und mit Unterstützung des Lehrpersonals die gestellten Aufgaben selbständig von den Studierenden gelöst werden. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung stellen die Studierenden im Reinraumlabor eigene Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) Transistoren her; die praktische Arbeit wird hier durch Heimarbeit und kurze Vorlesungseinheiten unterstützt. Nach erfolgter Herstellung werden experimentelle und theoretische Ergebnisse qualitativ verglichen.

### Ergebnisse / kritische Bewertung

#### Praktischer Teil des Vorlesungsmoduls

Auf Grund gebäudetechnischer Mängel, die erst im Laufe des Projektes zutage traten, konnten bzw. können diverse Geräte, die für einen sicheren Betrieb mit den Studierenden unabdingbar sind, nicht in den vorhandenen Räumen installiert werden; die Installation wird erst im Herbst 2013 durchgeführt werden können. Daher kann der praktische Teil der Lehrveranstaltung frühestens im Wintersemester 2013/2014 angeboten werden, da die Installation mit Baumaßnahmen verbunden ist. Dennoch konnten innerhalb der Projektlaufzeit wichtige Teile zur Vorbereitung des Kurses durchgeführt werden; die verbleibenden Vorbereitungen werden innerhalb der nächsten 6 Monate beendet. Die bereits fertiggestellten Arbeiten wurden durch studentische Hilfskräfte durchgeführt und beinhalten das Aufstellen des Technologiedurchlaufes, das Erstellen eines sogenannten Maskensatzes für die optische Lithographie, das Implementieren der wichtigsten Prozessschritte und die Bewertung im Hinblick auf die Verwendbarkeit innerhalb einer studentischen Veranstaltung. Zusätzlich wurde eine Messkiste für die Auswertung der hergestellten Bauelemente entworfen.

Wichtigster Punkt bei den Arbeiten zur Vorbereitung des Kurses ist, den Fabrikationsablauf so modular zu gestalten, dass entweder jeweils ein oder zwei alterna-

tive Fabrikationswege existieren oder der Fabrikationsschritt auf einem alternativen Gerät durchgeführt werden kann, um Ausfallzeiten von technischen Geräten zu kompensieren und damit sicherzustellen, dass die Studierenden funktionierende Bauelemente herstellen können. Dieser Punkt ist von größter Wichtigkeit, da es für den Lernerfolg sehr nachteilig wäre, wenn die Studierenden am Semesterende kein lauffähiges Bauelement vermessen können. Für jeden Prozessschritt sind daher drei verschiedene Prozesswege bzw. -geräte vorgesehen (die Herstellung des Gateoxids wird entweder in einem Rohrofen, einem sogenannten RTA-Ofen oder durch eine Deposition durchgeführt.). Nach einer eingehenden Untersuchung wird dieses Vorgehen einen reibungslosen Ablauf der Veranstaltung sicherstellen.

Nach Abschluss der Vorbereitungsarbeiten ist geplant, dass studentische Hilfskräfte die vollständige Prozesskette durchgehen um den Prozessablauf zu testen und die genaue Einteilung der durchzuführenden Arbeiten in die Vorlesungseinheiten zu bestimmen.

## **Theoretischer Teil des Vorlesungsmoduls**

Der theoretische Teil des Vorlesungsmoduls ist fertig erstellt worden und wird im folgenden Sommersemester 2013 zum ersten Mal angeboten. Ein früherer Start erschien nicht sinnvoll, da der theoretische Teil der Vorlesung zusammen mit dem praktischen Teil angeboten werden sollte, da dies gerade der größte Vorteil der gesamten Lehrveranstaltung ist. Da sich aber leider die Durchführung des praktischen Teils auf Grund techni-

scher Mängel verzögert, wird der theoretische Teil der Vorlesung als separate Veranstaltung angeboten.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden die nötigen Vorlesungseinheiten des Kurses entwickelt. Gleichzeitig wurde die Aufgabe des Erstellens eines quantenmechanischen Simulationsprogrammes in geeigneter Weise so aufgeteilt, dass die Studierenden nach jeder Vorlesungseinheit einen Teil abgeschlossen haben und damit als Heimarbeit experimentieren können, um die theoretischen Hintergründe zu vertiefen und damit besser verstehen.

## **Nachhaltigkeit der Veranstaltung**

Das Konzept der Vorlesung soll auf jeden Fall in den folgenden Jahren angeboten werden, wenn die Studierenden das Angebot entsprechend annehmen. Die übrigen vom Institut für Halbleitertechnik angebotenen Vorlesungen sind bereits so ausgelegt, dass sie als direkte Vorbereitung für den Kurs verwendet werden. Darüber hinaus existieren Überlegungen mit einer anderen Lehrinheit der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der RWTH Aachen, das Konzept auf photonische Bauelemente auszudehnen. Darüber hinaus werden die vom Institut für Halbleitertechnik angebotenen Praktikumsversuche im Bachelor-Studiengang auf die Vorlesung abgestimmt um den Studierenden ein Maximum an verschiedenen Technologien und deren Einsatzbereich anbieten zu können.

## **Autorinnen und Autoren**

**Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Joachim Knoch** | Leiter des Instituts // Institut für Halbleitertechnik // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, RWTH Aachen // [knoch@iht.rwth-aachen.de](mailto:knoch@iht.rwth-aachen.de)

**Dr. Ing. Birger Berghoff** | Leiter der Forschungsgruppe „Nanoelektronik“ // Institut für Halbleitertechnik // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, RWTH Aachen // [berghoff@iht.rwth-aachen.de](mailto:berghoff@iht.rwth-aachen.de)

---

## **Experimente und Labore**

---

# Scrutineering Kinetics

## Engineering Students put physical laws to the proof

### Introduction

Engineering professionals are supposed to solve problems creatively and to launch innovative solutions successfully. First-year engineering students attend courses in mathematics, physics and mechanics, but most of them will not apply their knowledge in a creative problem-solving situation until they start thinking about their bachelor thesis [1]. Usually, solving technical problems creatively by using mathematical and physical knowledge is not an explicit part of engineering curricula, although the ability to do so is one of the core competencies of engineers. This paper presents a research-based learning format for Engineering Education, which compensates for the mentioned deficiency. Students conduct experiments and apply their knowledge, skills and competencies acquired in mathematics, physics and mechanics. Thus they reflect their theoretical knowledge in the mirror of practical experimentation – engaged in research-based learning.

In this paper we describe *FLEXperiments* as a new learning format in a research-based learning environment named *FLEX-Forschungswerkstatt* (research workshop). FLEX provides student-focused, competence-oriented and research-based learning. Conducting FLEXperiments means that students solve small technical problems by experimentation and subsequently document their findings in a scientific report. FLEXperimentation includes the iterative process of experiential learning

synchronized with a research process. To demonstrate the idea of FLEXperimentation we show how students learn by putting a central Law of kinetics to the proof: The Law of Conservation of Energy. We have already presented our ideas at EDUCON 2013 in Berlin. [2]

### 1. Educational Design Principles

In order to ensure that our students achieve the intended learning outcomes (ILOs), which we will concretize in section 3.1, the FLEXperiments are designed to achieve constructive alignment [3] based on a research-based learning approach. The design follows the idea of synchronizing Kolb's Learning Cycle with a research cycle that is typical for engineering research projects [4, 5].

#### 1.1 Constructive Alignment

The design concept *Constructive Alignment* is based on the alignment of Indented Learning Outcomes, Learning Activity and the Assessment. Designing engineering curricula therefore means to align the assignments in the learning process and the assignments in exam situations with those that emerge from the objective of employability and citizenship (cf. Fig 1) [6].

For a better understanding, when reaching for constructive alignment the four questions declared by Anderson and Krathwohl need to be answered [7]:

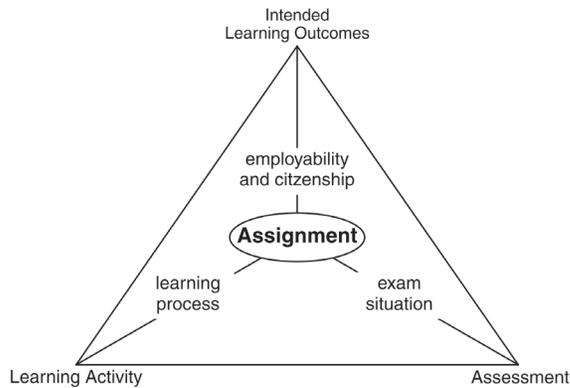


Fig. 1 Constructive Alignment [6]

(1) “What is important for students to learn in the limited school and classroom time available? (the learning question)” [7]

We will answer this question in section 3.1 by defining three intended learning outcomes. These ILOs are set for all FLExperiments which we have developed so far as well as for future developments.

(2) “How does one plan and deliver instruction that will result in high levels of learning for large numbers of students? (the instruction question)” [7]

This question will be answered in section 3.2 by describing the tasks students have to complete. In this section we also outline the iterative process students pass through when verifying their own assumptions and reflecting on their findings.

(3) “How does one select or design assessment instruments and procedures that provide accurate information about how well students are learning? (the assessment question)” [7]

FLExperiments, as an extra-curricular offer, are not (yet) subject to formal assessment and grading, we rather refer to feedback in this state of development. Feedback covers the quality of the students’ work (process and results) and underlines their learning progresses.

(4) “How does one ensure that objectives, instruction, and assessment are consistent with one another? (the alignment question)” [7]

This has been the predominant question during the whole design process. In section 3.5 we describe how ILOs, learning activity and assessment are constructively aligned.

## 1.2 Research-based Learning

Fig. 2 shows Kolb’s Learning Cycle [4] synchronized with a typical research cycle in the field of engineering according to Jungmann [5].

Kolb’s concept of experiential learning is a “well accepted (...) efficient pedagogical model of Learning” [8]. Experiential learning was developed using the theory of Lewin, Dewey und Piaget. The learning cycle in the center of Fig. 2 closely corresponds with the *Model of Action Research and Laboratory Training* developed by Kurt Lewin.

Arnegger determines that the learning cycle can start at each position [9]. Normal explanations start with (1.) Concrete Experience. In this part of the learning cycle students are irritated by a situation or an experience [10]. This condition is the initial point for the experiential learning process. The second part is (2.) Reflective Observation.

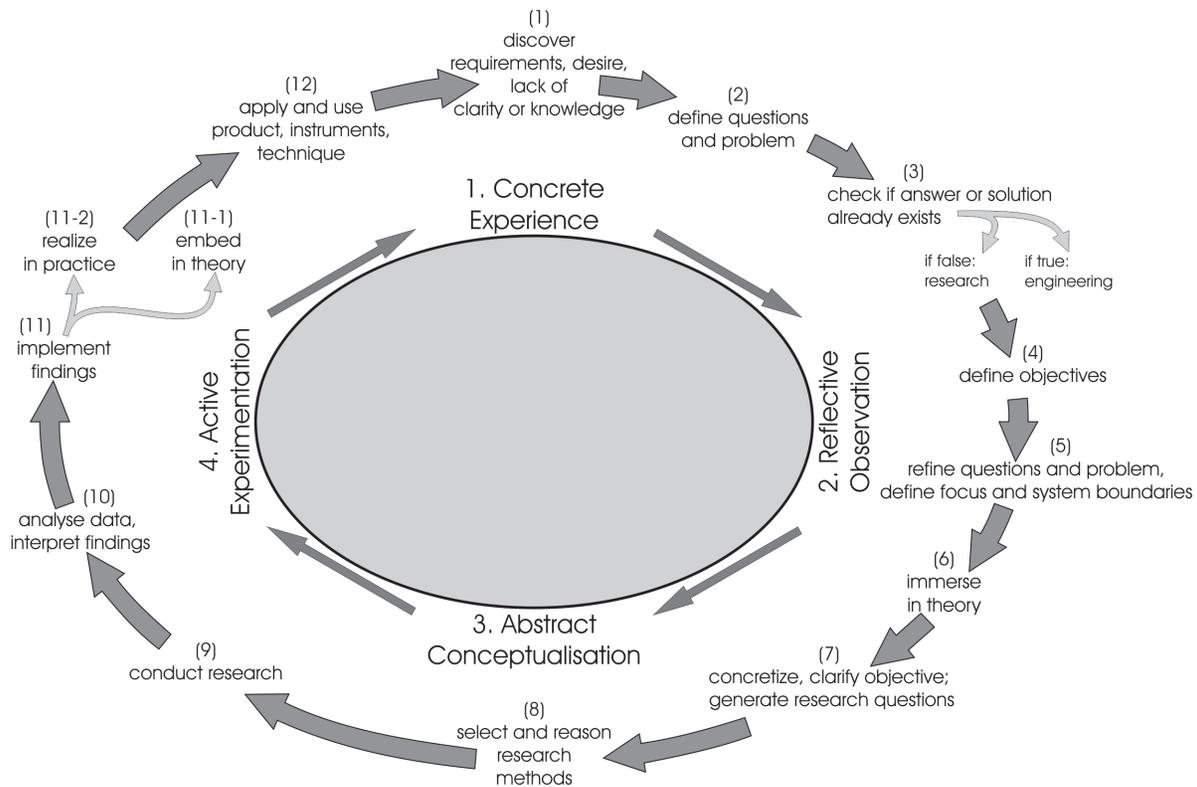


Fig. 2: Kolb's Learning Cycle synchronized with Jungmann's Research Cycle [5]

In this part students have to reflect their experienced irritation. Reflective Observation is used in part three to develop an (3.) Abstract Conceptualization. The developed concepts will be verified during (4.) Active Experimentation. After these four stages the learning cycle recommences.

The research cycle shown in fig. 2 was developed by Jungmann [5] to implement research-based learning in Engineering Education following Wildt's postulation

that the synchronization of learning and research processes needs to be specified for each discipline, as a core step towards research-based learning [11].

## 2. Learning Environment

The usual activities students do in laboratories is performing prepared experiments and comparing their findings to a sample solution. The competencies they acquire by doing do not correspond to what we expect

them to do in their later engineering profession: creatively finding innovative solutions for technical or socio-technical problems. The need for a format covering this learning outcome is obvious. By introducing the FLEXperiments into the curriculum we meet this need.

FLEX-Forschungswerkstatt (research workshop) is a room open for students to conduct research on their own projects, learning about the research process and make small experiments like the one described in this paper. There are also courses offered, in which students enhance their key qualifications. In our research workshop we provide literature, experimentation kits and material that can be used to visualize results (laptops, video projector, whiteboards, flipcharts, pin boards, different cards and pens).

Students can get assistance by student tutors and learn from their peers. Boud emphasizes the advantage of peer learning: „The advantage in learning from people we know is that they are, or have been in a similar position to ourselves“ [12]. To have the same status and background makes it easier for students to ask questions and accept feedback than in situations with lecturers or professors.

### 3. Learning format

In this section we present our developed learning format based on the described educational design principles. We define the Intended Learning Outcomes, describe the learning activities and the assessment.

### 3.1 Answering the learning question

Intended Learning Outcomes have been defined based on a global objective for engineering education e.g.: “The overall goal of engineering education is to prepare students to practice engineering and, in particular, to deal with the forces and materials of nature” [13]. “Intended learning outcome‘ clarifies what the students should be able to perform after teaching that couldn’t be performed previously (...)” [3].

- ILO 1: Students acquire skills to successfully perform experiments.
- ILO 2: Students are able to create assumptions, verify them by experimentation and to refine their assumption based on their findings.
- ILO 3: Students are able to write a scientific report.

*About ILO 1* Engineers often require data from experiments to design and develop products [13]. The ability to generate knowledge using experiments is a competence that students in engineering education have to learn. Skills and competences in successful experimentation include knowledge about limitations of experimentations itself and the limitations of mathematical and physical models. Reaching ILO 1, students are also able to distinguish between principle errors and faulty assumptions.

*About ILO 2* Create, verify and refine assumptions by experimentation requires critical reflection of the procedures before, while and after the experiment, from the given hypothesis till the scientific report. This ILO is more concrete than ILO 1. It is also a subset from ILO 1 but an essential one, so it is important to define it more specifically as a separate ILO.

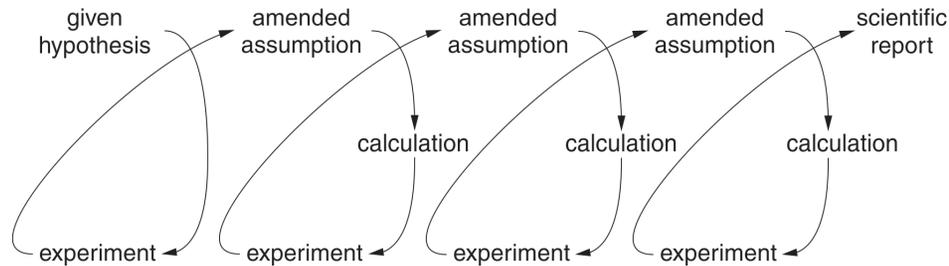


Fig. 3: Iterative process

*About ILO 3* One of the core competences of engineers working in science is to communicate their research findings to people inside and outside the scientific community. The most important way for communication in science is writing reports and papers. In papers and reports the findings have to be presented in a structured and logical order. Students writing bachelor and master theses are faced with the same requirements. It is therefore essential to develop these competencies as early as possible in engineering education.

These three ILOs are defined as educational objectives for all FLEperiments. Additionally, subject-related ILOs are defined for each experimental set-up, e.g. Students are familiar with the conservation of energy in case of the experiment presented in this paper.

### 3.2 Answering the instruction question

Students get the task to write a scientific report that describes their experiment, including set-up, methods, materials, findings and conclusions. At the beginning of their studies, students get support in terms of instructions for the experimental set-up and a prepared hypothesis, which they have to verify experimentally. They also get some questions that lead them through

the research process. Students in higher semesters will be asked to find their own hypothesis as part of the FLEperiment.

While conducting the FLEperiment students will pass through the iterative learning process shown in Fig. 3, starting with the hypothesis. Next, the first experiment will be executed. After this, students will need to create assumptions, which enables them to describe the experiment by mathematical and physical equations. This description will be verified during the next experiment. After several iterations and as many amended assumptions, students will write their scientific report and conclude on their findings.

The FLEperiment presented in this paper starts with the given hypothesis, which corresponds to (3.) Abstract Conzeptualisation in Kolb's terms. The following experiment corresponds to (4.) active experimentation. The first experiment aims at irritating students, corresponding with (1.) Concrete Experience. During the experiment, students reflectively observe (2.) the process. The observations give the first impulse to accept or amend assumptions corresponding to (3.) Abstract Conceptualisation. With the next experiment the cycle starts again.

As students repeatedly run through the learning cycle they synchronously run through (parts of) the research cycle.

During their experimentations students can take advantage support from a tutor which is trained in scientific working and have experience in doing experiment to help students create their results. Tutors which are working in our research workshop are students in higher semesters so they can supervise experimentations as peers.

### 3.3 Answering the assessment question

In this state of development our new format is an extra-curricular offering for students. Following Biggs' design concept *Constructive Alignment* assessment is an important part of the learning process. Instead of a strict examination, the scientific reports will be reviewed by a scientists which are able give the students qualitative feedback. Once the FLExperiments are an integrated module of the curriculum, we would grade in how far the students have attained the ILOs.

### 3.4 Answering the alignment question

The first, second and third ILO are implemented in the learning activity by the given tasks. The assessment (feedback) examines the learning progress by checking the scientific report to proof in how far the ILOs have been reached. Students are supported during the writing process, so they are well prepared for the assessment (feedback).

## 4. Putting to the proof: Law of Conservation of Energy

In this section, as an example, we present the process and possible findings of a FLExperiment from the field of kinetics: the Loop. The experimental set-up is shown in *Fig. 4*. A steel ball is positioned at a determined starting position. When released, it will roll down an inclined line and enter a loop. Depending on its starting height, it will complete the loop and roll to the outlet, or it will starve within the loop and fall down.

### 4.1 Kick off – Make Students ready to work

If students want to make the FLExperiment Loop, we provide them the experimental set-up (*Fig. 4*), the hypothesis that follow and two questions leading their research process.

**Hypothesis:** The behavior of the steel ball rolling through the loop differs from the mathematical description.

Two questions should help students to verify the hypothesis:

(1) *Which is the minimal starting position (height) that the steel ball with mass  $m$  needs to run through the loop?*

(2) *In how far does the mass of steel ball influence the movement?*

These questions can be answered by using equipment, materials and methods as follows.

## 4.2 Equipment, Materials, Methods

Students get the materials, to build the experimental set-up (Fig. 4). It is built from parts of a professional experimentation kit by Fischertechnik, a system that is widely used in education for modelling mechanical systems. The Loop set-up has two starting positions. Additionally, a steel ball with the mass of 7 gram is provided.

## 4.3 Student Activities

To start with the FLEperiment, students will set-up the experiment according to the provided building instructions. They will approximately spend 30 minutes on this preparation. After this they can conduct the first experiment. Subsequently, they will need more information for the next steps.

It is then the students' task to search for the information needed in order to verify the hypothesis. In the course of this research phase they can use the local library to find books and other literature or use their lecture notes. In this FLEperiment we expect the students to find basic literature and consult their lecture notes in fields of technical mechanics, physics and mathematics.

## 4.4 Producing findings by experimentation

Students go through the iterative process several times (Fig. 3), following their knowledge from lectures, finding differences between calculation and the real movement, amending their assumptions and so forth.

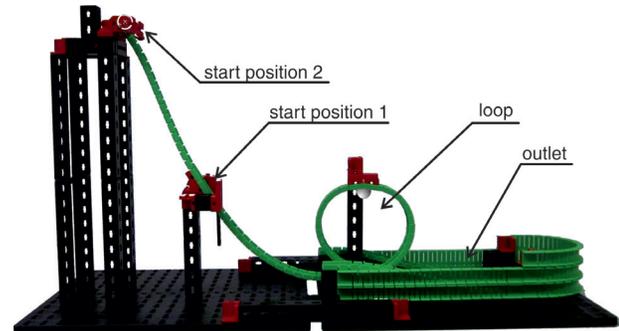


Fig. 4: Experimental set-up

In the first attempt, students would try to solve the problem assuming that the steel ball is a mass point, as they remember their Mechanics lectures. They would analyze the potential energy and the kinetic energy. Using the principle of *conservation of energy* students would determine the potential energy of the steel ball at starting position. They would also determine the potential energy of the steel ball at the height of the loop and calculate which kinetic energy is in the system at this time. To determine the kinetic energy, they would calculate the minimal velocity that the ball needs to roll through the loop on the track. The minimal velocity requires the centrifugal force [14].

$$F_z = m \cdot a_z = m \cdot \frac{\omega^2}{r} = m \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (1)$$

This centrifugal force and weight (force) are set equal. The outcome of the new equation is the angular velocity, which gives the minimal tangential velocity.

$$v_{min} = \sqrt{g \cdot r} \quad (2)$$

With the minimal velocity students would calculate the first minimal start position based on the conservation of energy.

$$E_{pot,1} = E_{kin,2} + E_{pot,2} \quad (3)$$

The experimental validation of the calculated value would fail, as the ball would not pass the loop but starve half way. Students would have to amend their assumption.

Secondly, students would solve the problem assuming that the steel ball is a rigid body. Now, the energy, which results of the rotating steel ball, is to be analyzed, too.

$$E_{pot,1} = E_{kin,trans,2} + E_{kin,rot,2} + E_{pot,2} \quad (4)$$

To calculate the rotating energy the moment of inertia is needed [15].

$$J_x = \rho \int_V r^2 dV \quad (5)$$

There are two possible methods to calculate the moment of inertia. First Students could use the basic form by using integral calculus or second they could use a mechanical trades handbook. The resulting minimal starting positions slightly differ.

The new minimal starting position should then be verified by experimentation. During this experiment students will see that from the second starting position the ball will not complete the loop.

Thirdly, students would try to rate the friction between steel ball and track. Then they could get a third minimal starting position.

$$E_{pot,1} = E_{kin,trans,2} + E_{kin,rot,2} + E_{pot,2} + W_{fric} \quad (6)$$

To rate the friction and find or develop an experimental method to check the findings is a typical work of engineers. After this final challenge students would structure and reflect upon their proceedings, and document their findings in a scientific report.

## 5. Conclusion

This paper presents a research-based learning format for engineering education (work in progress) in a new learning environment. FLEperiments let students experience the process of solving technical problems already at the beginning of their engineering studies.

In the presented FLEperiment students conduct experiments to test and verify assumptions, to compare real movement with calculated behaviour of a steel ball. They integrate their knowledge on Newton's Laws, equilibrium of forces, conservation of energy, moment of inertia and friction between solids to solve a simple real world problem. They apply their mathematical skills to calculate the moment of inertia by solving the integrals. Finally they communicate their research process and their findings in a scientific report.

In FLEperiments students perceive the Big Picture of engineering science in an inspiring and active learning environment, fostering creativity and innovation in Engineering Education.

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Thorsten Jungmann** | Director FOM School of Engineering // FOM Hochschule für Oekonomie & Management // Dortmund, Germany // [thorsten.jungmann@fom.de](mailto:thorsten.jungmann@fom.de)

**Philipp Ossenberg** | Coordinator Research Workshop for Engineering Students // TU Dortmund University // Dortmund, Germany // [philipp.ossenberg@tu-dortmund.de](mailto:philipp.ossenberg@tu-dortmund.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Jungmann, T. (2012). Innovation und Kreativität durch Forschendes Lernen. *ATZagenda* 1, 1, 114–118.
- [2] Ossenberg, P. und Jungmann, T. (2013), FLExperiment: Solving small technical problems by using mathematical and physical knowledge, skills and competencies in Engineering Education, *Proceedings of the 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, pp. 597-601.
- [3] Biggs, J. B. and Tang, C. (2007). *Teaching for quality learning at university. What the student does.* McGraw-Hill, Maidenhead.
- [4] Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [5] Jungmann T. (2011). *Forschendes Lernen im Logistikstudium. Systematische Entwicklung, Implementierung und empirische Evaluation eines hochschuldidaktischen Modells am Beispiel des Projektmanagements.* Dissertation, TU Dortmund.
- [6] Retrieved on November 3, 2011 from: [http://www.hrk-bologna.de/bologna/de/download/dateien/Wildt\\_Funktion\\_Anforderung\\_\\_Pruefungen.pdf](http://www.hrk-bologna.de/bologna/de/download/dateien/Wildt_Funktion_Anforderung__Pruefungen.pdf).
- [7] Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.* Longman, New York.
- [8] Abdulwahed M. and Nagy Z. K. (2009). Applying Kolb's Experiential Learning Cycle for Laboratory Education. *Journal of Engineering Education* 98, 3, 283–294.
- [9] Retrieved on December 19, 2011 from: <http://www.xenos-berlin.de/attachments/article/199/Handout%20dieWille.pdf>.

- [10] Wildt, J. (2010). Guidelines for Educators. ‚From the sage on the stage to the guide at the side‘. Neues Handbuch Hochschullehre, Raabe, Berlin, Griffmarke J 1.8.
- [11] Dorn, F. and Bader, F. (2002). Physik. Schroedel, Hannover, Dortmund, Darmstadt, Berlin.
- [12] Boud, D., Cohen, R., and Sampson, J., Eds. (2001). Peer learning in higher education. Learning from & with each other. Kogan Page, London.
- [13] Feisel L. D. and Rosa A. J. (2005). The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. Journal of Engineering Education 94, 121–130.
- [14] Tipler, P. A. (1982). Physics. Volume 1. Worth Publishers, New York, N.Y.
- [15] Gross, D., Schröder, J., und Wall, W. A. (2010). Technische Mechanik. Band 3: Kinetik. Springer, Berlin, Heidelberg.

## Interaktive Experimente an Kommunikationssystemen

### Kurzbeschreibung des Projektplans

In der Elektrotechnik wird viel mit mathematischen Modellen gearbeitet, um die für den Menschen nicht sichtbaren Phänomene begreifen zu können. Daher bestehen die Übungen zu den Vorlesungen üblicherweise im Vorrechnen von Aufgaben. In dem geplanten Projekt soll alternativ dazu, die praktische Umsetzung von Verfahren in einem Kommunikationssystem im Vordergrund stehen. Moderne Aspekte einer Übertragung werden für die Studierenden damit erfahrbar gemacht. Dieses System soll zukünftig in die Vorlesungen und Übungen als Praxisteil eingebaut werden, um theoretische Inhalte im Experiment zu veranschaulichen bzw. von den Studierenden eigenständig umsetzen zu lassen. Auf diese Weise soll problemorientiertes Lernen gefördert werden: Die Studierenden sollen eigenständig die Inhalte der Vorlesungen „Signale und Systeme“, „Nach-

richtentechnik“ und „Übertragung digitaler Signale“ anhand von praxisnahen Problemstellungen vertiefen.

Das für das Projekt relevante Kommunikationssystem mit den dazugehörigen Komponenten ist in Abbildung 1 dargestellt.

Natürlich sind für diese Vorgehensweise der eigenständigen Umsetzung zwar weiterhin abstrakte Rechnungen notwendig, die Motivation wird aber nun deutlich gesteigert, weil die in der Gruppe erarbeitete Idee zur Lösung des Problems praktisch umgesetzt werden soll. Zudem können die in der Vorlesung verwendeten statischen Folien, auf denen typische Messergebnisse dargestellt sind, durch Experimente abgelöst werden. Indem die Studierenden ein Kommunikationssystem sehen können, das funktioniert und an dem auch Schwierigkeiten der Übertragung direkt sichtbar gemacht werden können, wird das Interesse an der Auseinandersetzung

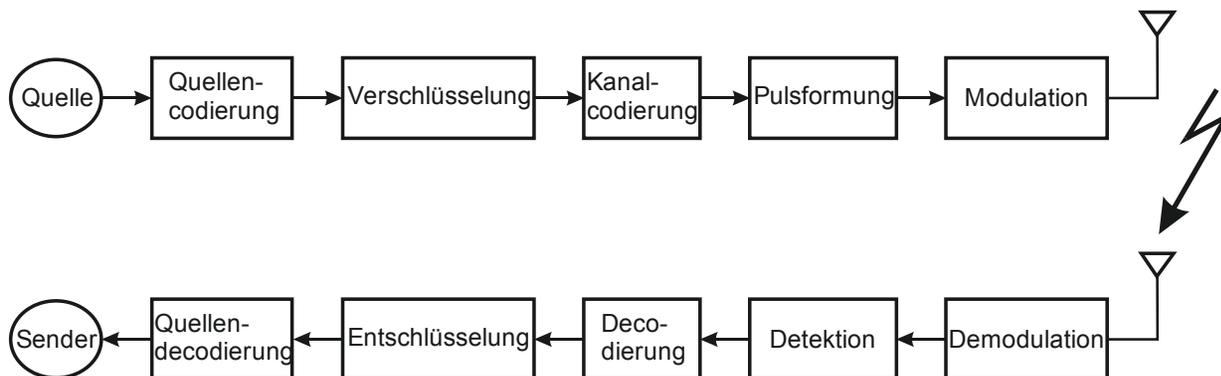


Abbildung 1: Kommunikationssystem mit Komponenten

mit der Thematik gesteigert. Darüber hinaus lernen die Studierenden in der Vorlesung schon einmal ihr System kennen, an dem sie in einigen Praxisübungen eigene Problemlösungen selbständig erarbeiten und implementieren. Die Anleitung und Förderung der Studierenden zum Erlernen von forschungsorientierten Fertigkeiten für die wissenschaftliche Analyse stellt die zentrale Zielsetzung dar.

### **Ergebnisse / kritische Bewertung**

Es wurden in der Projektlaufzeit drei verschiedene Übertragungssysteme realisiert. Bei den ersten zwei Systemen wird durch die Übertragung von Audio-Daten veranschaulicht, welche fundamentalen Unterschiede es zwischen digitalen und klassischen analogen Verfahren gibt. Bei dem dritten Übertragungssystem wurde die Übertragung von Live-Aufzeichnungen einer Webcam umgesetzt, um die Effekte und die auftretenden Störungen noch weiter zu visualisieren. Um dies zu realisieren, wurde zunächst mit der Implementierung des Sendeknotens (siehe Abbildung 1) begonnen. Dabei wurde sichergestellt, dass eine modulare Programmier- und Aufbauweise eingehalten wird. Da die Bausteine Pulsformung und Modulation unabdingbar für eine digitale Übertragung sind, wurden diese als erstes implementiert.

Unter der Randbedingung einer modularen Aufbauweise bei der Vorgehensweise war jederzeit ein Austausch einiger Module möglich. Sobald die Funktionalität des Sendeknotens ausreichend getestet wurde, wurde der Empfangsknoten aufgebaut. Die Implementierung der Empfangsseite erfolgte dabei ebenfalls äußerst systematisch. Dazu wird auch auf der Empfangsseite eine modulare Aufbauweise eingehalten, wobei viele Module zunächst komplett rechnerbasiert realisiert und nach

und nach durch Hardware ersetzt werden. Allerdings wurde auch hierbei wieder darauf geachtet, dass zuerst die Bausteine zur Demodulation und Detektion benötigt werden. Die so entstandene Lösung war für Demonstrationszwecke bereits vollkommen ausreichend, um den Studierenden die wesentlichen Aspekte einer Übertragungstrecke vorzuführen. Die restlichen Bausteine wurden dann im Anschluss parallel und unabhängig voneinander realisiert.

Die größte Schwierigkeit bestand darin, bei Projektbeginn Studierende zu finden, die in die Thematik mit der notwendigen Tiefe eingearbeitet werden konnten. Das Projekt kann trotz eines verzögerten Beginns als Erfolg bezeichnet werden, da rechtzeitig mit Ablauf der Vorlesungszeit die Übertragungstrecke für einige Vorführungen zur Verfügung stand.

Ein deutlicher Mehrwert für die Studierenden ist es, dass bei der Durchführung der Experimente die Hierarchie, wie sie bei den üblicherweise frontal gehaltenen Vorlesungen und Übungen gilt, aufgebrochen und den Studierenden eine Möglichkeit zur persönlichen Entfaltung gegeben wird. Zudem kam es dabei zu einer Ausweitung des Dialoges zwischen den Studierenden und den Dozenten, da die Studierenden ihre eigenen Erfahrungen mit einbringen und die erarbeitete Lösung hinterfragen konnten. Ein besonders positiver Aspekt ist es, dass die in der Theorie erlernten Konzepte bei den Durchführungen wiedererkannt wurden.

Durch die Experimente erhalten die Studierenden die Möglichkeit, eigene digitale Übertragungssysteme einfach zu erstellen und zu testen. Zudem besteht die Möglichkeit, die in den Experimenten eingesetzten Übertragungskomponenten als Grundlage für zukünftige Bachelor- oder Masterarbeiten zu verwenden.

Eine ausführliche Dokumentation sowie die modulare Aufbauweise sind für die Weiterentwicklung des Konzepts essentiell. Die Umsetzung der Experimente konnte bisher nur unter Linux erfolgen.

## Die Meinung der Studierenden

Das Feedback von Seiten der Studierenden war positiv. Insbesondere hat den Studierenden die Begeisterung des Dozenten für sein Fachgebiet und die Möglichkeit, detailliert und lange über einzelne Aspekte der Vorlesung zu diskutieren, gefallen. Während der Vorführung stellten die Studierenden viele weiterführende Fragen, was auf ein großes Interesse ihrerseits hindeutet.

## Autorinnen und Autoren

**Christian Konrad** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik // Lehrstuhl für Digitale Kommunikationssysteme, Ruhr-Universität Bochum

**PD Dr. Ing. Karlheinz Ochs** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Lehrstuhl für Digitale Kommunikationssysteme // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Ruhr-Universität Bochum // [karlheinz.ochs@ruhr-uni-bochum.de](mailto:karlheinz.ochs@ruhr-uni-bochum.de)

**Univ.-Prof. Dr. Ing. Aydin Sezgin** | Lehrstuhlinhaber // Lehrstuhl für Digitale Kommunikationssysteme // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Ruhr-Universität Bochum // [aydin.sezgin@rub.de](mailto:aydin.sezgin@rub.de)

## Nachhaltigkeit

Es werden mehrere Kommunikationssysteme zur Verfügung stehen, die in den Vorlesungen dauerhaft zur Demonstration wichtiger Ergebnisse eingesetzt werden. Zudem wird es problemorientierte Übungen basierend auf den gestellten Aufgaben geben, in denen die Studierenden in Gruppenarbeit einfache Aufgaben selbständig lösen und implementieren werden.

**Projektbeteiligte:** Christian Konrad, Tobias Kleinschmidt, Karlheinz Ochs, Aydin Sezgin

# IM-Lab: Interaktive Messtechnik-Vorlesung mit LabVIEW

## Interactive measurement engineering lecture using LabVIEW

### Kurzbeschreibung des Projektplans

Die Vorlesung Messtechnik ist an der TU Dortmund ein Pflichtfach im Fächerkanon des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau und wird im Mittel pro Semester von 200-300 Studierenden besucht. Zudem wird die Vorlesung im Master-Studiengang Manufacturing Technology angeboten und pro Semester von ca. 30 Studierenden besucht. Bisher war der Inhalt dieser Vorlesung sehr stark theoretisch geprägt und eine Beteiligung der Studierenden in Form von praktischen Aufgabenstellungen fand nicht statt. Die Vorlesung wurde aufgrund ihrer Unbeliebtheit nur von wenigen Studierenden besucht und bei Prüfungen war die Durchfallquote mit über 70% sehr hoch. Mit der Neueinrichtung des Fachgebiets Werkstoffprüftechnik (WPT) im Dezember 2010 und der Übernahme der Vorlesung durch den projektbeteiligten Professor, wurden die Inhalte der Vorlesung Messtechnik komplett überarbeitet und praxisorientiert ausgerichtet. Aktuelle Methoden der Messtechnik wurden auf der Basis physikalischer und elektrotechnischer Grundlagen vermittelt, wobei viel Wert auf anschauliche nachvollziehbare Praxisbeispiele gelegt wurde. Inhaltliche Vertiefungen wurden in Form praktischer Aufgabenstellungen vorgenommen, die von den Studierenden in kleinen Arbeitsgruppen selbstständig bearbeitet wurden. Einen Schwerpunkt stellte die interaktive Vermittlung von Messwertverarbeitung

und -ausgabe unter Verwendung der grafischen Programmiersprache LabVIEW von National Instruments (NI) sowie der speziell für die Lehre entwickelten Hardware-Module (myDAQ) dar. Die Programmiersprache wird auch industrieseitig in der Mess- und Regelungssowie Automatisierungstechnik sehr häufig verwendet, sie ist intuitiv und schnell zu erlernen.

Die Vorlesung Messtechnik soll Studierende für die Thematik begeistern und optimal auf spätere Erfordernisse in der Berufspraxis vorbereiten. Mit der Programmiersprache LabVIEW lernen die Studierenden ein System kennen, das zudem bei studentischen Abschlussarbeiten, Praktika etc. von großem Vorteil ist. Unter Einsatz der vorhandenen Hardware-Module kann die komplette Messkette vom Sensor bis zur Datenverarbeitung im PC anschaulich vermittelt werden. Die interaktiven Vorlesungsbestandteile finden in Form der Bearbeitung kleiner und aufeinander aufbauender Aufgaben statt, die von den Studierenden in Kleingruppen ausgeführt werden. Diese Vorgehensweise soll auch zu forschendem und problemorientiertem Lernen anleiten. Durch diesen praxisorientierten Ansatz wurde für das hochinteressante Forschungsfeld Messtechnik begeistert, zu ergebnisorientiertem Arbeiten motiviert und zur Verständnissteigerung beigetragen, so dass die Studierbarkeit verbessert und die Durchfallquote deutlich reduziert wurde. Neben Vorlesungen und Übungen

wurden wöchentliche Tutorien und Sprechstunden angeboten, um Fragen direkt und ausführlich beantworten zu können. Ziel dieser interaktiven Lehrveranstaltung ist, dass die Studierenden nach erfolgreicher Teilnahme die Beurteilungskompetenz entwickelt haben, Sensorik und Messstrategien vor dem Hintergrund industrieller Anwendungen auswählen und bewerten zu können. Zusätzlich werden die Studierenden mit unterschiedlichsten Messmethoden vertraut gemacht und erhalten einen ganzheitlichen Überblick zu wissenschaftlich strukturierten Vorgehensweisen. Durch die praktische Arbeit in Kleinteams wird ihre Kommunikations-, Kooperations- und Teamfähigkeit geschult.

## Ergebnisse / kritische Bewertung

Es wurde ein detailliertes Konzept ausgearbeitet, so dass der praktische Anteil der Vorlesung Messtechnik etwa ein Drittel beträgt. Die Ausarbeitung wurde von dem projektbeteiligten Professor zusammen mit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter (WMA) vorgenommen. Der WMA hat studentische Hilfskräfte (SHK) angeleitet, damit diese während der interaktiven Vorlesungen den Studierenden qualifizierte Hilfestellungen zur erfolgreichen Lösung der Aufgabenstellungen geben konnten. Bei der Lösungsfindung wurde darauf geachtet, dass in der Vorlesung nach bestimmten Zeitfenstern Zwischenlösungen präsentiert wurden, um Studierende bei komplexeren Aufgabenstellungen auf dem Weg zur Lösung nicht zu verlieren bzw. zu demotivieren. Weiterhin wurden von dem WMA und den SHK wöchentliche Tutorien angeboten, um auf individuelle Fragen der Studierenden einzugehen.

Die gesteckten Projektziele konnten erfolgreich umgesetzt werden. Durch die interaktiven Vorlesungsbestandteile wurden die Studierenden zu ergebnisorientiertem

Arbeiten motiviert, was zur Verständnissteigerung der Vorlesungsinhalte beigetragen hat. Des Weiteren wurde durch die Arbeit in Kleingruppen die Teamfähigkeit der Studierenden gefördert.

Die Studierenden haben einen praxisnahen Bezug zur Thematik erhalten, wodurch Sie für spätere Aufgaben im Studium bzw. Beruf optimal vorbereitet wurden. Durch die praxisnahen Anwendungen konnte eine erhöhte Motivation der Studierenden erreicht werden, im Gegensatz zu vergleichbaren Vorlesungen ohne praktische Anteile. Die Studierenden wurden optimal auf die Prüfungsinhalte vorbereitet, da die theoretischen Sachverhalte besser verstanden wurden. Die beteiligten Dozenten konnten ihre Erfahrungen durch die intensivere Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden besser weitergeben. Durch die abwechslungsreiche Erarbeitung der Inhalte, konnte auch die Motivation der Lehrenden gesteigert werden. Das Lehrkonzept kann demnach in vielerlei Hinsicht als Vorzeigebispiel für andere Vorlesungen dienen.

Die durch das Projekt erzielten Ergebnisse wurden bereits in Form einer englischsprachigen Fallstudie durch National Instruments (NI) mit dem Titel „Improving Educational Conditions With National Instrument Products“ veröffentlicht.

Einschränkungen bei der Umsetzung der Projektziele ergaben sich hinsichtlich der verfügbaren Infrastrukturen im IT-Bereich der TU Dortmund. Es gab nur eine begrenzte Anzahl an Arbeitsplätzen mit PCs im Hörsaal bzw. CIP-Pool zur gleichzeitigen Schulung von größeren Studierendengruppen (max. 40 Personen im CIP-Pool). Dadurch kam es zu Mehraufwänden bei der Installation und Verwendung der Software. Im Hörsaal konnten Studierende ohne eigenen Laptop nur eingeschränkt

aktiv an der Lehrveranstaltung teilnehmen. Des Weiteren war die Installation der Software auf den Rechnern recht zeitintensiv.

Bei der Weiterentwicklung des Lehrkonzepts sollte eine Optimierung der Schulung größerer Studierendengruppen im Fokus stehen. Die praktischen Inhalte könnten in kleineren Gruppen mehrmals pro Woche durchgeführt werden, was dem Charakter eines Fachlabors gleich kommen würde.

Die Adaptierung des Konzepts kann nur durch geschultes Personal erfolgen. Zudem muss die soft- und hardwareseitige Voraussetzung für die Durchführung

der praktischen Inhalte geschaffen werden. Bevor die Studierenden die Aufgaben lösen können, müssen im Vorfeld weitreichende theoretische Grundkenntnisse vorhanden sein.

### Die Meinung der Studierenden

In ersten Testläufen wurde der Ansatz des Projekts durch Studierende bereits sehr positiv evaluiert. In diesem Zusammenhang wurde Herrn Prof. Dr.-Ing. Frank Walther für die am besten evaluierte Lehrveranstaltung „Messtechnik“ im WiSe 2011/12, in der das Konzept umgesetzt wurde, der Lehrpreis der Fakultät Maschinenbau verliehen. Die Überreichung durch eine Vertreterin bzw. Vertreter der Fachschaft Maschinenbau ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zum Zweck der separaten Beurteilung des Projekts wurde eine Evaluierung der Veranstaltung „IM-Lab“ durch Befragung der Studierenden nach Abschluss der praktischen Vorlesungsinhalte im WiSe 2012/13 durchgeführt. Neben den prozentualen Anteilen der Bewertungen in Form von Histogrammen, sind die arithmetischen Mittelwerte sowie Standardabweichungen grafisch dargestellt.

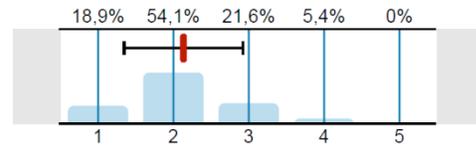
Aus den Ergebnissen der Evaluierung geht hervor, dass das Konzept sowie deren Umsetzung von den Studierenden außerordentlich positiv beurteilt wurden.



Abbildung 1: Prof. Dr. F. Walther (3. v. links) mit Vertreterin / Vertretern der Fachschaft Maschinenbau

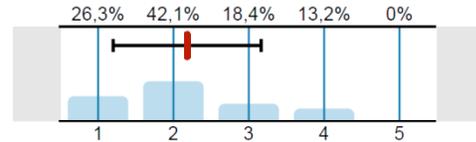
Die Art, wie die Lehrveranstaltung aufgebaut ist, trägt zum Verständnis des Stoffes bei.

(von 1 „trifft voll zu“ bis 5 „trifft gar nicht zu“)



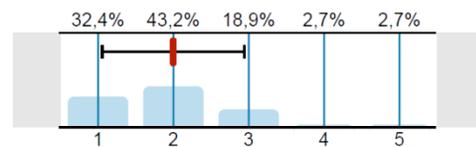
Durch den Besuch der Lehrveranstaltung wurde Spaß daran entwickelt, die gestellten Aufgaben zu lösen.

(von 1 „trifft voll zu“ bis 5 „trifft gar nicht zu“)



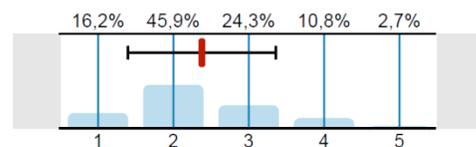
Die Dozenten haben notwendige und ausreichende Unterstützungen zur Bewältigung der Arbeitsaufgaben geleistet.

(von 1 „trifft voll zu“ bis 5 „trifft gar nicht zu“)



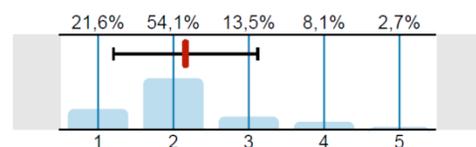
Gesamtbewertung der Dozenten

(von 1 „sehr gut“ bis 5 „mangelhaft“)



Gesamtbewertung der Veranstaltung

(von 1 „sehr gut“ bis 5 „mangelhaft“)



Die Einrichtung eines Fachlabors mit den Themenschwerpunkten dieser Veranstaltung wird als sinnvoll erachtet.



Die Gesamtbewertungen der Dozenten und der Veranstaltung an sich wurden dabei für den ersten Durchlauf überdurchschnittlich gut bewertet. Zudem sprach sich der Großteil der Befragten für ein Angebot zur Vertiefung der praktischen Inhalte in Form eines Fachlabors aus.

### **Nachhaltigkeit**

Das Lehr-Pilotprojekt wird nach dem Förderjahr verstetigt und in der Bachelor-Vorlesung „Messtechnik“ und Master-Vorlesung „Measurement Engineering“ als fester Bestandteil integriert werden. Die Kosten für die Vorbereitung von „Im-Lab“ werden in den Folgejahren

durch das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) getragen. Studentische Hilfskräfte (SHK) sind bereits geschult und ausscheidende SHK können durch Hörer/inn/en der Vorlesung ersetzt werden. Das Projekt wird ohne weitere finanzielle Unterstützung verstetigt und etabliert.

Zur Vertiefung der erlernten Inhalte bietet sich die Einrichtung eines Fachlabors an. Des Weiteren sollte ein Transfer des Lehr-Lern-Konzepts auf andere Lehrveranstaltungen vollzogen werden, um die Attraktivität der Lehre und den Lernerfolg der Studierenden auf einem kontinuierlich hohen Niveau zu halten.

### **Autorinnen und Autoren**

**Prof. Dr. Ing. habil. Frank Walther** | Fachgebietsleiter // Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [frank.walther@tu-dortmund.de](mailto:frank.walther@tu-dortmund.de)

**Gerrit Frieling** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [gerrit.frieling@tu-dortmund.de](mailto:gerrit.frieling@tu-dortmund.de)

**Sebastian Myslicki** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [sebastian.myslicki@tu-dortmund.de](mailto:sebastian.myslicki@tu-dortmund.de)

**Philipp Wittke (Autor)** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [philipp.wittke@tu-dortmund.de](mailto:philipp.wittke@tu-dortmund.de)

# Studierendenwettbewerb Autonome Fahrzeuge

## Regelungstechnik zum Anfassen

### Zielsetzung

Dem Wunsch der Studierenden nach erhöhtem Praxisbezug soll die Einführung der Veranstaltung „Studierendenwettbewerb Autonome Fahrzeuge – Regelungstechnik zum Anfassen“ nachkommen. Im Rahmen des Wettbewerbs bekommen Studierende die Möglichkeit, die erlernten regelungstechnischen Methoden eigenverantwortlich in Gruppenarbeit praktisch umzusetzen.

Ein großer Antrieb, den Lehrveranstaltungsumfang um den Studierendenwettbewerb zu erweitern, war die Einführung des Bachelor- und Mastersystems in Deutschland (z.B. 2007 an der RWTH). Durch diese Umstellung wurde die Hochschullehre tendenziell verschulter und aufgrund der zeitlichen Randbedingungen mangelt es an Lehrangeboten, die den Studierenden Raum geben, ihre Kreativität frei zu entfalten. An diesem Punkt soll der Studierendenwettbewerb ansetzen. Dessen Ziel ist es, Studierende zu befähigen, komplexe Problemstellungen hochgradig eigenverantwortlich mit wissenschaftlichen Methoden der Regelungs- und Automatisierungstechnik im Team zu lösen. Das Mittel eines Wettbewerbs soll dabei einen Anreiz für besonders exzellente Lösungen schaffen.

### Kurzbeschreibung des Projektplans

Der Wettbewerb wird in kleinen Gruppen (ca. 5 Gruppen, bestehend aus jeweils 5 Studierenden) durchgeführt

und soll den Studierenden die Chance bieten, sich mit ihrem eigenen Tempo in regelungstechnische Aufgaben hineinzudenken und eigenverantwortlich Lösungsstrategien für die jeweiligen Teilprobleme zu erstellen.

Im Rahmen des Wettbewerbs durchlaufen die Studierenden nahezu den gesamten Reglerentwicklungszyklus (Modellierung, Reglerauslegung, Implementierung & Validierung). Dabei machen sie zudem erste Erfahrungen mit industrierelevanten Programmierertools wie MATLAB.

### Aktueller Projektstand und Ausblick

Zum Zeitpunkt des Ergebnisberichtes ist die Beschaffung der Geräte, der Aufbau des Versuchsfahrzeuges und dessen Konfiguration komplett abgeschlossen. Zudem sind die Konzeption und die didaktische Aufbereitung des Wettbewerbsablaufs ebenfalls abgeschlossen.

Der Wettbewerb startet im Sommersemester 2013. Daran wird sich eine ausführliche Evaluation des Ablaufs und der erworbenen studentischen Fähigkeiten anschließen. Darauf folgen etwaige Modifikationen des Wettbewerbes und die Überführung in den Regelbetrieb.

## Wettbewerbsüberblick

Während der Absolvierung der ersten Teilaufgabe ACC soll das Versuchsfahrzeug sowie ein Führungsfahrzeug als Kolonne geführt werden. Hierfür wird der Abstand zum Führungsfahrzeug gemessen. Basierend auf diesem Abstand ist ein Abstandshaltealgorithmus zu entwickeln. Die Studierenden müssen hierfür ein Fahrzeugmodell erstellen und geeignete Regler auslegen.

Bei der zweiten Teilaufgabe Spurhalteassistent soll das Versuchsfahrzeug einer vorgegebenen Fahrbahnspur folgen. Zur Realisierung der Aufgabe wird eine am Fahrzeug montierte Kamera, deren Bilder mit modernen Videobild-Analyseverfahren interpretiert werden, genutzt.

## Ablauf des Wettbewerbs

Der Studierendenwettbewerb besteht aus zwei Teilaufgaben. Das Anliegen der ersten Teilaufgabe ist es, die Handhabung mit den Versuchsfahrzeugen und den Software Tools zu erlernen. Der Wettbewerb beginnt mit einem Präsenztermin zur Vorstellung der Versuchsfahrzeuge (Hard- und Softwareseitig). Daran schließt sich die Vermittlung der theoretischen Grundlagen wie beispielsweise die gängigen Methoden zur Längsdynamikmodellierung und -regelung für die Lösung der ersten Teilaufgabe an. Ebenso erfolgt eine Einführung in die zu verwendenden Software Tools.

Aufbauend hierauf beginnen die Studierenden ihre eigenverantwortliche Arbeit. Während dieser gesamten Zeit werden die Teams von einem Assistenten des Instituts betreut (incl. regelmäßiger Sprechstunden). Zur

| Aufgabe        | Sensor   | Modell  | Regler  |
|----------------|--|---|---|
| 1) ACC         | <b>Kinect-Kamera Drehzahl-sensor</b><br>(Messwert steht in Simulink bereits zur Verfügung) | <b>Längsdynamik</b><br>(PT1, welches durch Fahrversuche zu parametrieren ist)                           | <b>PID-Regler mit Störgrößenaufschaltung</b><br>(Auslegung: Sisotool) |
| 2) Spurhaltung | <b>Kinect-Kamera</b><br>(Messwert steht in Simulink bereits zur Verfügung)                 | <b>Erweitertes Einspurmodell (Querdyn.)</b><br>(Herleitung sowie Modellparameter werden bereitgestellt) | <b>Zustandsrückführung</b><br>(Auslegung analytisch und per MATLAB)   |

Tabelle 1: Komponenten der Wettbewerbsaufgabe.

Validierung des Fahrdynamikmodells sowie der entworfenen Reglerstrategie haben die Studierenden zum einen die Möglichkeit in Eigenregie anhand der vom IRT zur Verfügung gestellten Fahrzeugmodelle (incl. 3D Visualisierung) Tests durchzuführen und somit ihre Ergebnisse zu validieren. Zum anderen finden regelmäßig Testfahrten mit den realen Fahrzeugen statt.

An die Bearbeitung der ersten Aufgabenstellung (ACC) schließt die Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung (Spurhalteassistent) an. Auch dieser Aufgabenteil beginnt mit einem Präsenztermin zur Vorstellung einer detaillierten Aufgabenstellung sowie der benötigten theoretischen Grundlagen wie beispielsweise die Querdynamikmodellierung und -regelung.

Am Ende des Semesters erfolgt eine Präsentation der Ergebnisse der einzelnen Studierendengruppen mit anschließender feierlicher Bekanntgabe des Gewinnerteams. Zur Ermittlung des Siegerteams werden die einzelnen Lösungen bzgl. ihrer Performance und Robustheit anhand ausgewählter Benchmark Testszenarien bewertet.

## **Vorgenommene Anpassungen des Wettbewerbskonzeptes**

Während der Verfeinerung des Wettbewerbskonzeptes wurde beschlossen auf die Kollisionsvermeidungsaufgabe zu verzichten, da sich damit ein zu hoher zeitlicher Umfang des Wettbewerbes ergeben hätte.

Zudem wurde, um den praktischen Bezug der einzelnen Wettbewerbsaufgaben deutlicher in den Vordergrund zu stellen, die Pfadfolgeaufgabe leicht modifiziert und in Entwicklung eines Spurhalteassistenten umbenannt.

## **Lernziele**

Das Projekt definiert Lernziele der fachlichen Ebene (z.B. Linearisierung, Zustandsraumregelung, PID- und Optimalregelung). Dies soll zur Verbesserung des Verständnisses der in den Vorlesungen erworbenen Methoden führen. Den Studierenden soll ermöglicht werden, die erlernten Methoden in einem praktischen Zusammenhang anzuwenden. So wird es für die Studierenden möglich, die einzelnen Methoden in einen größeren Gesamtkontext einzuordnen. Während der Bearbeitung der Aufgabenstellung soll sich den Studierenden erschließen, welche Methoden sich zur Lösung bestimmter Problemstellungen am besten eignen.

Zudem werden auch außerfachliche Lernziele gestellt (z.B. kooperative und selbstbestimmte Gruppenarbeit, Zeitmanagement). Die einzelnen Aufgaben müssen aufgrund der Komplexität gut auf die Gruppenmitglieder verteilt werden. Andere Teilaufgaben empfehlen sich im Team zu lösen.

Ein zusätzlicher positiver Nebeneffekt ist, dass der Wettbewerb den Studierenden eine effektive Möglichkeit bietet, ihre individuellen fachlichen Leistungen zu vergleichen. Somit bekommen sie sofort eine Rückmeldung in welchen fachlichen Bereichen sie noch Defizite besitzen.

## **Hardware: Fahrzeugaufbau**

Als Experimentierplattform dienen für die Durchführung des Wettbewerbes selbstkonzipierte Versuchsfahrzeuge (Bild 1). Sie sind voll automatisierbar und mit verschiedenen Sensoren ausgestattet, so dass Aufgaben von einfachen Geschwindigkeitsregelungen über ein elekt-

ronisches Differential bis hin zur Bild- und GPS-basierten Trajektorienverfolgung realisierbar sind.

Durch den Aufbau des Versuchsträgers mit Aluminiumprofilen ist die Plattform robust und einfach erweiterbar. Zudem lassen sich empfindliche Teile wirkungsvoll schützen. Angetrieben werden die Fahrzeuge von zwei unabhängig voneinander regelbaren Elektromotoren. Die Ansteuerung erfolgt durch ein fest programmiertes Controllerboard sowie ein weiteres Controllerboard, das von den Studierenden frei programmierbar sein wird.

## Softwarewerkzeuge

Als Hauptsoftwarewerkzeug wird während des Wettbewerbes MATLAB/Simulink verwendet. Es wird zum Aufbau der Simulationsmodelle (Quer- und Längsdynamik) sowie zur Reglerapplikation verwendet. Die 3D-Visualisierung der Ergebnisse der Simulationsmodelle erfolgt ebenfalls mittels Simulinks VRML.

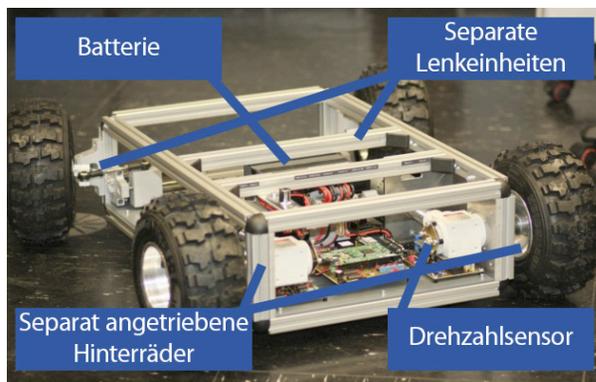


Bild 1: Aufbau der Versuchsfahrzeuge am IRT.



Bild 2: Experimentierplattformen.

Des Weiteren wird MATLAB zur Parametrierung der Längsdynamik (mittels der Ident Toolbox zur Auswertung von Fahrversuchen) und der Fahrdynamikregler (Sisotool) eingesetzt.

Zur Bereitstellung eines gruppeninternen sowie auch eines gruppenübergreifenden Datenaustauschportals mit angeschlossenem Diskussionsforum wird die L<sup>2</sup>P-Plattform genutzt.

## Nachhaltigkeit

Der Wettbewerb adressiert prinzipiell alle interessierten Studierenden der Ingenieur- und Naturwissenschaften. Im Speziellen wird dieses Angebot vor allem für Studierende der Vertiefungsrichtung Automatisierungstechnik, Studierende des Maschinenbaus sowie Studierende der Masterstudiengänge Automatisierungs- und Fahrzeugtechnik interessant sein.

Das IRT verfügt über vielfältige Exponate (Bild 2) zur Realisierung sehr verschiedener Wettbewerbsszenarien. Somit kann der Wettbewerb jedes Semester leicht variiert werden.

Durch die Tatsache dass die Exponate aus den verschiedensten technischen Feldern kommen (Robotik, Automotive, Luftfahrt, Verfahrenstechnik), bekommen die Studierenden sehr leicht ein gutes Verständnis bzgl. der Interdisziplinarität der Regelungstechnik. Denn unabhängig von der Art des Exponates können die Studierenden dieselben mathematischen Methoden nutzen, um die einzelnen regelungstechnischen Teilaufgaben zu lösen.

Neben der Verwendung im studentischen Wettbewerb bieten die Versuchsfahrzeuge auch vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Bereich der regelungstechnischen Theorie (Regelungstechnik, Höhere Regelungstechnik) und der systematischen praktischen Umsetzung (Rapid Control Prototyping).

## **Autorinnen und Autoren**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel** | Institut für Regelungstechnik (IRT) // Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen // [d.abel@irt.rwth-aachen.de](mailto:d.abel@irt.rwth-aachen.de)

## **Problem-based Laboratory Learning in Engineering Education – PBL@EE**

### **Kurzbeschreibung des durchgeführten Projektes**

Mit dem Ziel, dass sich Studierende effektiv und aktiv mit einem ingenieurwissenschaftlichen Sachverhalt auseinandersetzen, wurde am Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) der TU Dortmund das dort curricular verankerte Fachlabor des Bachelor-Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen grundlegend neu gestaltet. Das „neue“ Fachlabor besteht aus mehreren in der Gruppe durchzuführenden Experimenten zur Materialcharakterisierung, der Auswertung des resultierenden Materialverhaltens und dessen Beurteilung sowie der Erstellung eines Laborberichtes und einem abschließenden Kolloquium.

Im Rahmen der umgestalteten Laborveranstaltung zielte das durchgeführte Projekt auf eine aktive wie kollaborative Auseinandersetzung mit der Ingenieurpraxis. Im Kontext der anforderungsgerechten Leichtbaukonstruktion einer Traktorkabine war der Startpunkt eine ingenieurwissenschaftliche Problemstellung aus dem Bereich der Biegeumformung von Hohlprofilen. Die Bearbeitung erfolgte durch die Studierenden selbständig in kleinen Teams und umfasste die Einarbeitung in die Thematik, die gemeinschaftliche Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten im Labor sowie die anschließende Anwendung der Erkenntnisse zur Lösung der Problemstellung. Dabei fokussierte das Vorhaben auf die Anwendung und Vertiefung bereits

erarbeiteten Fachwissens die Steigerung des konzeptionellen Verständnisses bezüglich des untersuchten Sachverhaltes zum Einsatzes von Experimenten als wissenschaftliche Untersuchungsmethode.

Nicht zuletzt zielte das Vorhaben auf die Verbesserung der Kompetenz zur Darstellung und Kommunikation ingenieurwissenschaftlicher Inhalte im Rahmen von Ergebnispräsentationen, deren kritische Diskussion im Plenum sowie schriftliche Ausarbeitungen. Strukturiert in Präsenz- und Selbstlernphasen sowie Lehr-/Lerneinheiten und Prüfungseinheiten, basierte die studierendenzentrierte Organisation auf dem effektiven Einsatz des handlungsorientierten didaktischen Formates des „problembasierten Lernens“. Die neu konzipierte Veranstaltung wurde während der Pilotphase prozessbegleitend evaluiert, sodass direkt nachgesteuert werden konnte und auch wurde, wenn dies nötig erschien.

### **Neumodellierung der Laborveranstaltung**

Der Ablauf des „alten“ Fachlabors bestand zunächst aus einer Herausgabe eines einführenden Skriptes zur Ermittlung von Materialkennwerten mittels des Flachzugversuchs. Nach einer Selbstlernphase wurde dieser gefolgt von einem angeleiteten Laborversuch, dessen Zugang durch einen auf dem Skript basierenden schriftlichen Wissenstest beschränkt wurde. Anschließend wurde von den Studierenden ein Laborbericht mit im

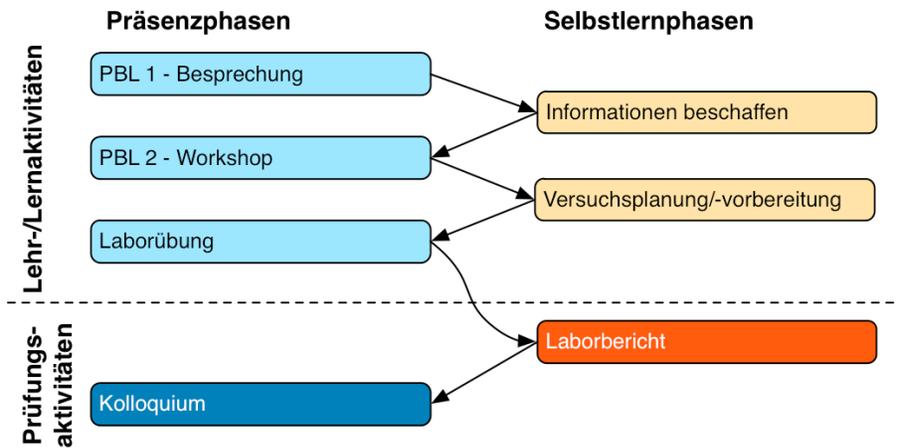


Abbildung 1: Grundstruktur der Laborveranstaltung

Vorfeld festgelegter Struktur erstellt, welcher in einem abschließenden Kolloquium besprochen wurde. Die Grundstruktur des „neuen“ Fachlabors, wie in Abbildung 1 dargestellt, wurde nach Präsenz- und Selbstlernphasen sowie in Einheiten für Lehr-/Lernaktivitäten und Prüfungsaktivitäten unterteilt.

Im Rahmen der Lehr-/Lernaktivitäten fanden die Termine für Präsenz- und Selbstlernphasen abwechselnd statt. In den Präsenzphasen wurde mit den Studierenden zusammen am Problem gearbeitet. Darin wechselten sich Abschnitte des Inputs durch die Lehrenden und der selbständigen Arbeit der Studierenden-Teams sowie Abschnitte der Reflexion, bspw. in Diskussionsrunden, ab. Innerhalb der Selbstlernphasen bauten die Studierenden auf die erarbeiteten Inhalte in ihren selbstorganisierten Gruppen auf. In der jeweils vorgelagerten Präsenzphase wurden die Themen für die Selbstlernphasen abgestimmt.

Innerhalb der Prüfungsaktivitäten erfolgte zunächst die selbständige Erstellung eines Laborberichts. Im abschließenden Kolloquium wurden Inhalte zum Bericht selbst wie auch die kritische Reflexion des eigenen Vorgehens thematisiert.

### Pilotphase zum neu gestalteten Labor

Nach Abschluss der Analyse zum aktuell bestehenden Fachlabor und der konzeptionellen Umgestaltung, inkl. der Entwicklung und Ausgestaltung des didaktischen Konzeptes, der Zeitplanung sowie der Bestimmung einzusetzender Materialien und Methoden für die Aktivitäten in den Phasen, erfolgte die Pilotierung. Im Wintersemester 2012/2013 hatten die Studierenden des Bachelor-Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen (5. und 7. Semester) die Möglichkeit, sich für die Pilotphase freiwillig anzumelden.

Teilnehmende Studierende erhielten zur Orientierung im Vorfeld eine einseitige Übersichtsinformation zum Szenario „Biegen einer Traktorkabine“ (vgl. Abbildung 2). Darin enthalten waren grundlegende Informationen zum Kontext, dem auftretenden Problem sowie relevante wissenschaftliche Fachliteratur.

## Erste Präsenzphase und folgende Selbstlernphase

Zu Beginn der ersten Präsenzphase wurden durch die Lehrenden der Hintergrund für die Neuentwicklung der Laborveranstaltung sowie die Struktur der Veranstaltung und die Arbeitsmethode zum problembasierten Lernen im Detail vorgestellt. Zudem wurde das Szenario „Biegen einer Traktorkabine“ und die zum Biegen

verwendete Maschine vorgestellt. Ausgangssituation für die Studierenden war die Frage wie ein maßhaltiges Profilbauteil gefertigt werden kann. Anschließend bildeten die Studierenden ihre Arbeitsgruppen zu je vier Mitgliedern selbständig. Nach Abstimmung über die weitere

Fachlabor WiSe 2012/13

### Szenario – Biegen einer Traktorkabine

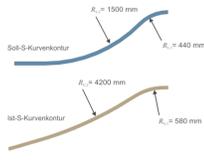


Abbildung 1: Soll- und Istkontur eines gebogenen Profils [1]



Abbildung 2: Konventionelle Traktorkabine



Abbildung 3: Optimierte Traktorkabine

Anforderungsgerechte und konventionell gefertigte Traktorkabine sind aus einer Vielzahl von verschiedenen Profilelementen zusammengesetzt. Um die komplizierte Gesamtgeometrie (wie in Abbildung 2 gezeigt) zu erreichen, werden diese Profilelemente an mehrere Stellen gefügt. Aktuelle Ansprüche an eine integrale wie ressourcenschonende Fertigung, fördern die Entwicklung entsprechender Verfahrensprinzipien die in der Lage sind, z.B. komplizierte geometrische Bauteile als ein Element anforderungsgerecht herzustellen. Dabei erzeugt die Reduzierung der Elemente eine höhere Komplexiertheit der übrigen Profilelemente. Mit dem TSS-Biegeverfahren („Torque superposed spatial – torsionsüberlagertes räumliches Biegen“ [2]), wie in Abbildung 4 links gezeigt, können diese komplizierten 3D-Biegekanten realisiert werden. Abbildung 3 zeigt eine solch effizienter gefertigte Kabine, die mit weniger Profilen die gleichen Anforderungen erfüllt.

Die Biegekontur wird bei diesem Biegeverfahren durch die dynamische Verstellung der Biegeachsen zueinander erzeugt. Um den TSS-Bieger (wie in Abbildung 4 rechts gezeigt) rüsten zu können, müssen die während des Biegevorgangs notwendigen Achsstellungen des Biegekopfes und des Transportsystems ermittelt werden. Dazu wird eine kinematische Simulation verwendet, die die Bewegungsmöglichkeiten der Maschine simuliert. Die Geometrie des fertigen 3D-Profiles wird in der Simulation durch das Maschinenmodell „geschoben“. Dabei werden die notwendigen Achsbewegungen aufgezeichnet und anschließend an die reale Maschine übergeben.

Die ersten Versuche, die 3D-Kontur aus einem Stahl unbekannter Güte mit der Maschine zu biegen, schlugen fehl. Die tatsächlichen Radien wichen erheblich von den zu fertigenden Radien ab (vgl. Abbildung 1). Ziel ist es die Profile mit einer den Anforderungen entsprechenden Genauigkeit (10 mm Best-Fit) zu biegen.

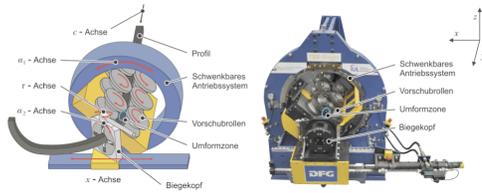


Abbildung 4: TSS-Biegeprozess und die entwickelte Maschine [3]

- [1] Staupendahl, D.; Becker, C.; Hermes, M.; Tekkaya, A.E.; Kleiner, M.: New methods for manufacturing 3D bent lightweight structures. Proc. 3. Intern. Conf. On Steels in Cars and Trucks (SCT 2011), 5–9.6. 2011, Salzburg, Österreich, S. 120-129
- [2] Hermes, M.: Neue Verfahren zum rollenbasierten 3D-Biegen von Profilen. Universität Dortmund, Dissertation, 2012
- [3] Staupendahl, D.; Becker, C.; Weinrich, A.; Hermes, M.; Tekkaya, A.E.: Innovative Umformverfahren für Rohre, Profile und Bleche aus modernen Stahlwerkstoffen. Stahl und Eisen, 132, 8, S. 47-54.

Abbildung 2: Information zum Laborthema



Abbildung 3: Studierende bei der Versuchsdurchführung



Abbildung 4: Darstellung der Maßabweichung des gebogenen Profils

Vorgehensweise und dem Austausch zur bereitgestellten Vorinformation (vgl. Abbildung 2) wurde, wie in Abbildung 3 zu sehen, das Live-Experiment an der 3D-Biegemaschine am IUL durchgeführt. Die Studierenden hatten dadurch die Gelegenheit, erste Erfahrung zur Problematik eines von der Sollkontur abweichendem gebogenen Hohlprofils zu sammeln (vgl. Abbildung 4). Bereits in dieser Phase kam es zu einem intensiven Austausch zwischen Lehrenden und Studierenden über die Hintergründe zur Problematik. Die Studierenden sammelten erste Daten und dokumentierten bereits den Ablauf des Fertigungsprozesses.

Auf diese Eindrücke aufbauend und unterstützend durch Leitfragen nach Ursache und möglichen Lösungen bezüglich der Erfahrungen aus dem Experiment folgte die selbständige Diskussion in den Arbeitsgruppen. Im Anschluss wurden die erarbeiteten Aspekte gesammelt und eindeutige Lernfragen, wie bspw.

- Wie bestimmt man das Biegemoment bei Profilen?
- Wie wird die Rückfederung eingeschätzt/berechnet?
- Welche Kennwerte werden benötigt und wie können sie gefunden/ermittelt werden?
- Welche Prozessparameter müssen berücksichtigt werden, um maßhaltig zu biegen?

für die folgende Selbstlernphase „Informationsbeschaffung“ erarbeitet. Nach Klärung letzter organisatorischer und methodischer Fragen wurde die erste Präsenzphase beendet und die Studierenden starteten in die selbstorganisierte Phase für die „Informationsbeschaffung“.

## Zweite Präsenzphase

Basierend auf der Informationsbeschaffung stellten die Studierenden in zwei Arbeitsgruppen (vgl. Abbildung 5) ihre erarbeiteten Ergebnisse strukturiert auf einer Wandzeitung dar (vgl. Abbildung 6). Anforderungen waren neben der fachlichen Korrektheit die Informatio-



Abbildung 5: Arbeitsphase in den Gruppen

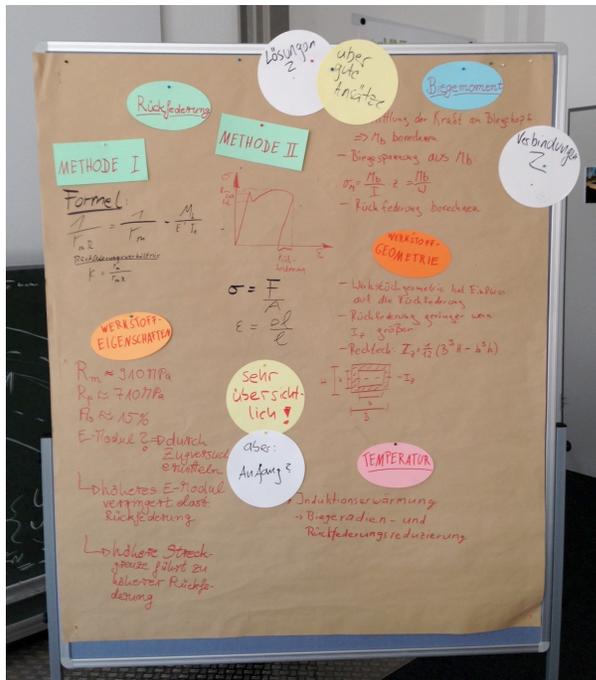


Abbildung 6: Arbeitsergebnis

nen so darzustellen, dass sie durch Dritte nachvollzogen werden können.

Anschließend erarbeiteten die Studierenden das weitere Vorgehen. In dieser Phase diskutierten sie relevante Aspekte zum experimentellen Vorgehen bei der Ermittlung für das maßhaltige Profilbiegen notwendiger Materialkennwerte und deren Nutzung für die Einschätzung sowie anschließende Kompensation der Rückfederung des Profils. In Abstimmung mit den Lehrenden wurde der Flachzugversuch als geeignetes Verfahren zur Ermittlung der relevanten Materialkennwerte gewählt.

## Zweite Selbstlernphase und folgende Laborübung

Im Rahmen der Versuchsplanung bereiteten die Studierenden selbständig und eigenverantwortlich das gesamte experimentelle Vorgehen für die Ermittlung der Materialkennwerte mittels des Flachzugversuchs vor. Dazu zählten u.a. die Wahl der Probengeometrie und deren Fertigung sowie die Konfiguration und Durchführung des Versuchs (vgl. Abbildung 7). Bei der Vorbereitung hatten die Studierenden die Möglichkeit, den Versuch bereits testweise als interaktiven teleoperativen Versuch<sup>1</sup> durchzuführen.

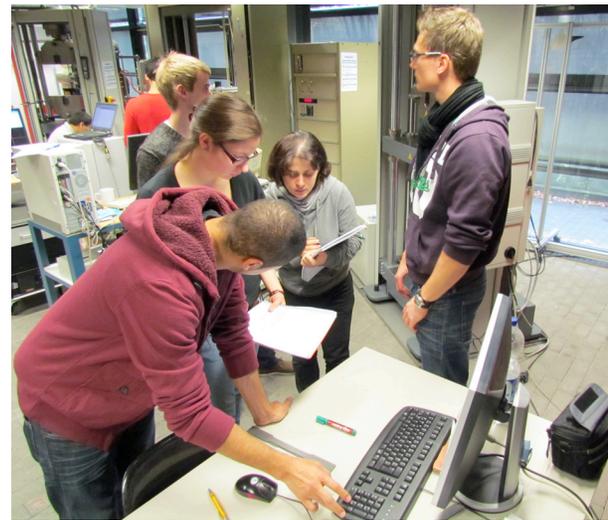


Abbildung 7: Studierende bei der Arbeit im Labor

<sup>1</sup> Dabei handelt es sich um einen am IUL entwickelten Versuch zur Materialcharakterisierung, der vollständig automatisiert über das Internet konfiguriert und interaktiv gesteuert werden kann.

Dafür stand ihnen ein realer Versuchsaufbau zur Verfügung, den sie voll automatisiert über das Internet konfigurieren und bedienen konnten. Mit den bereitgestellten Standardproben konnten sie erste Tests zur Materialcharakterisierung interaktiv und in Echtzeit durchführen.

Für das Labor vor Ort standen den Studierenden die durch sie geplanten Geräte und Messwerkzeuge zur Verfügung. Die Versuche selbst konnten von den Studierenden eigenständig und unterstützt durch einen Tutor durchgeführt werden. Sowohl die Dokumentation der experimentellen Arbeiten wie auch die Aufzeichnung relevanter Daten und Ergebnisse lagen in der Verantwortung der Studierenden. Bei allein nicht zu überbrückenden Hürden stand ein Laborbetreuer beratend zur Seite.

## **Bericht und Kolloquium**

Zum Abschluss der Veranstaltung wurde von jeder Studierendengruppe ein technischer Bericht verfasst. Dieser enthielt neben den Ausführungen der experimentellen Arbeiten auch die Beschreibung des systematischen Vorgehens zur Problemlösung innerhalb der Arbeitsgruppe. Aus den erarbeiteten Ansätzen zur Berücksichtigung und Anpassung der Biegeprozessparameter, um die Rückfederung zu kompensieren und somit ein maßhaltiges Biegeteil zu fertigen, wurde eine Lösung ausgewählt und exemplarisch an der TSS-Biegemaschine mit allen Studierenden getestet. Abschließend fand das Kolloquium jeweils in Gruppen statt. Das auf Reflexion und Transfer ausgelegte Fachgespräch thematisierte noch einmal die Inhalte des Berichts sowie die kritische Beurteilung des eigenen Vorgehens sowohl fachlich und methodisch als auch bezüglich der gemeinschaftlichen Arbeit in der Gruppe.

## **Erfolg und Ansätze für Verbesserung**

Grundlegend zur neu entwickelten Laborveranstaltung ist die selbständige Auseinandersetzung der Studierenden mit einem realen ingenieurpraktischen Sachverhalt. Dieser ist charakterisiert durch eine hinreichende Komplexität, da zu Beginn der Veranstaltung nur unvollständige bzw. veränderbare Randbedingungen vorliegen, z.B. bezüglich des eingesetzten Materials für das Profil. Des Weiteren setzt die Veranstaltung auf einen durch die Studierenden weitestgehend selbständig organisierten Bearbeitungsprozess, z.B. bei der selbständigen Einarbeitung in ein neues Thema. Diese handlungsorientierte Konzeption der Veranstaltung forderte das Engagement und die Aktivität der Studierenden kontinuierlich. Dabei wurde stets darauf geachtet, dass durch den hohen Grad der Selbständigkeit in Verbindung mit den hohen fachlichen Anforderungen keine Überforderung und eine daraus resultierende Demotivation entstand. Aus diesem Grund standen die Lehrenden während der Präsenzphasen und auch während der Selbstlernphasen direkt beratend zur Seite. Dennoch zeigte sich bei einzelnen Studierenden, dass sie bei der geforderten selbständigen Auseinandersetzung mit der Thematik an ihre Grenzen stießen. In diesem Zusammenhang wurden von den Studierenden die aktive Selbständigkeit und die unscharfen Randbedingungen des ingenieurwissenschaftlichen Sachverhaltes des Öfteren als große Herausforderung empfunden. Die Zentrierung der Veranstaltung auf den/die Lernende/n und seinen/ihren Lernprozess im Rahmen einer angemessen konzipierten Lernumgebung wurde durch die Studierenden als ungewohnt, jedoch bezogen auf ihre Lernergebnisse als außerordentlich effektiv beschrieben. Zudem stellte der zeitliche Aspekt stets eine Herausforderung dar. Das kontinuierlich hohe Engagement der Studierenden und ihre Freude am neuen Format beim

Lernen im Labor zeigte nicht nur in den Präsenzphasen die Notwendigkeit einer effizienten Zeitnutzung. Die Lehrenden konnten sich mit ihrer Rolle als Berater bzw. Experten gut identifizieren. Allerdings musste in den Präsenzphasen stets darauf geachtet werden, nicht in ein Vorlesungsschema abzudriften, sondern den Studierenden genügend Freiraum zu geben, ihre Lernfragen und entsprechende Lösungswege selber zu erarbeiten und zu diskutieren. Das kontinuierliche Engagement und die aktive selbständige Bearbeitung des Sachverhaltes sowie die während der gesamten Veranstaltung erstellten Arbeitsergebnisse durch die Studierenden, lassen auf eine intensive Auseinandersetzung mit der Thematik und ein detailliertes konzeptionelles Verständnis schließen.

Auf eigenen sowie auf studentischen Wunsch hin (selbst von Studierenden, die nicht an der Pilotveranstaltung teilnahmen, sondern anscheinend nur davon berichtet bekamen) soll das Format ausgebaut und weiter verbessert werden. In diesem Rahmen wird versucht, auf die umfangreichen Rückmeldungen, speziell während der kontinuierlichen veranstaltungsbegleitenden Feedbackrunden, einzugehen und das Format auch für folgende Studierendengruppen anzubieten.

**Projektbeteiligte:** Christian Pleul, Daniel Staupendahl, Philipp Ossenberg, Matthias Hermes, Sami Chatti, A. Erman Tekkaya

### **Autorinnen und Autoren**

**Christian Pleul** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Umformtechnik und Leichtbau // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund// christian.pleul@udo.edu

**Daniel Staupendahl** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Umformtechnik und Leichtbau // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund// daniel.staupendahl@iul.tu-dortmund.de

---

# Kompetenzorientierung bei Laborversuchen im Maschinenbau

## Einleitung

Die durch die Bologna-Reform verursachte Umstrukturierung der Studiengänge weg von den traditionellen Hochschulabschlüssen (Diplom, Magister, etc.) hin zu dem international weitverbreiteten zweistufigen Bachelor-Master-Modell hat zu einem Umdenken bei den bisher geltenden Curricula geführt [1, 2]. Es gilt nun, die in den Modulhandbüchern klar vorgegebene Kompetenzorientierung unter Berücksichtigung von didaktischen Gesichtspunkten in die bestehenden Lehrveranstaltungs- und Prüfungsformate zu integrieren, ohne eine komplette Neugestaltung der jeweiligen Formate zu verursachen. Dass selbst kleinste Änderungen im Lehrkonzept positive Effekte zur Folge haben können, soll nachfolgend exemplarisch anhand des Fachlabors für Studierende des Masterstudiengangs Maschinenbau aufgezeigt werden. Zunächst wird hierbei das Ausgangskonzept erläutert, um daraufhin auf die Neugestaltung der Veranstaltung einzugehen. Dabei wird auf die jeweiligen Vor- und Nachteile der Gestaltungsoptionen eingegangen.

## 1. Ausgangskonzept

Im Rahmen des Fachlabors werden ausgewählte komplexe Inhalte aus dem Maschinenbau anhand praktischer Untersuchungen vertieft, bei denen die Studierenden eigenständig in Gruppen von ca. vier bis fünf Studierenden ingenieurwissenschaftliche Problemstel-

lungen zu lösen haben. Die Veranstaltung wird in jedem Wintersemester angeboten und setzt sich aus drei verschiedenen Versuchsreihen, die aus unterschiedlichen Bereichen der spannenden Fertigung kommen, zusammen. Die Versuchsserien werden jeweils von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitenden betreut, sodass eine kollegiale Beratung zu jedem Zeitpunkt möglich ist [3]. Das Fachlabor ist ein Wahlpflichtmodul im Master of Science Maschinenbau und wird mit sechs Credit Points gewichtet. Der Fokus der hier präsentierten Arbeit liegt auf der Vorstellung des unter hochschuldidaktischen Gesichtspunkten überarbeiteten Lehrkonzeptes für eine der drei Versuchsreihen.

Die Veranstaltung gliedert sich in fünf Teilbereiche, (1) die vorherige Wissensabfrage in Form einer Fragerunde, (2) die Versuchsdurchführung, (3) die Versuchsauswertung, (4) die Nachbesprechung sowie (5) die Notenvergabe und Feedback. Für die Studierenden gilt während der Teilbereiche (1), (2), (4), und (5) Anwesenheitspflicht sowie das Bestehen jeder einzelnen Teilleistung. Die Gesamtnote setzt sich aus den gewichteten Teilleistungsnoten zusammen. Diese werden in Kapitel 2.5 näher erläutert. Der schematische Ablauf der Veranstaltung ist in Abb. 1 dargestellt.



Abb. 1: Schematischer Ablauf der Veranstaltung

Das wichtigste und somit vorrangigste Ziel bei der Planung und Durchführung der gesamten Versuchsreihe war es, dass die Studierenden in Gruppen selbständiges Lernen und die Erarbeitung einer vorgegebenen wissenschaftlichen Fragestellung erlernen (kognitives Lernziel). Zusätzlich sollten sie ihr bisher nur theoretisch erworbenes Wissen in die Praxis umsetzen und eigenständig neue Wissensgebiete erschließen, was den Lerneffekt und die Motivation zur Auseinandersetzung mit der Thematik steigern sollte [4]. Bei der Konzeptionierung der Lehrveranstaltung, deren Ausgangskonzept inkl. der mit dem jeweiligen Prüfungsformat verbundenen Vor- und Nachteile im Folgenden vorgestellt wird, stand der Erwerb von Fachwissen und die anschließende Abfrage im Mittelpunkt.

## 1.1 Wissensüberprüfung in Form einer Fragerunde

Die Studierenden konnten ca. vier Wochen vor Beginn der Veranstaltung das zugehörige Skript bei den Betreuer/inne/n abholen. Die darin vermittelten Informationen sowie das bereits in vorher besuchten Grundlagenveranstaltungen erworbene Fachwissen sind für das Verständnis der Abläufe bei den Versuchen unverzichtbar. Bis kurz vor Veranstaltungsbeginn konnten Fragen zu unklaren Sachverhalten im persönlichen Gespräch geklärt werden.

In der Fragerunde wurde das Vorhandensein des reinen Faktenwissens anhand des Abarbeitens eines einmalig erstellten Fragenkataloges inkl. der zugehörigen

Musterlösung überprüft und im Anschluss wurden individuelle Teilleistungsnoten vergeben [5]. Der mit dieser Art der Wissensüberprüfung einhergehende Vorteil ist das flexible Eingehen auf Studierende, d. h. es kann bei Unverständnis direkt nachgefragt werden, es kann Rückmeldung oder auch ein Denkanstoß gegeben werden. Allerdings werden hierbei ruhigere Studierende benachteiligt, da diese sich erst gar nicht melden und so ihr Wissen nicht mit den anderen teilen. Durch das Vorhandensein eines Standardfragenkataloges inkl. einer Musterlösung wird die Unabhängigkeit von dem oder der Prüfenden gesteigert, die Vergleichbarkeit der Leistungen unterschiedlicher Gruppen sichergestellt und zusätzlich eine für die Prüfenden zeitsparende Vorbereitungsphase geschaffen [6,7]. Weiterhin bleiben trotzdem die üblicherweise mit dieser Prüfungsform verbundenen typischen Fehlerquellen, wie beispielsweise der Primacy-, der Recency- und der Halo-Effekt sowie Vorurteile in Form von Sympathie und Antipathie gegenüber einzelnen Studierenden bestehen [8].

## 1.2 Versuchsdurchführung

Direkt nach der Fragerunde wurde mit den Versuchen an der Maschine begonnen. Zunächst wurde den Studierenden der Versuchsaufbau inkl. der zugehörigen Messtechnik und Auswertesoftware durch die beiden Betreuer/innen erklärt. Anschließend haben die Studierenden in ihrer jeweiligen Gruppe die Versuchsreihe selbständig innerhalb der vorgegebenen Parametergrenzen geplant und mit Hilfe eines/ einer für die Maschine zuständigen Technikers/in durchgeführt. Die

Messsoftware hingegen konnten die Studierenden nach einer kurzen Einweisung selbständig bedienen. Während der Versuche wurden das Engagement der Studierenden sowie ihr Einbringen in die gesamte Gruppe von den Betreuer/inne/n beobachtet und in einer individuellen Teilleistungsnote für jede/n Studierende/n zusammengefasst.

Durch das komplette Zurücknehmen der Betreuer/innen während der Versuchsplanung und -durchführung konnten die Studierenden eine Diskussion auf Augenhöhe mit ihren Kommiliton/inn/en führen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Gruppe durch einen Studierenden mit einer starken Führungspersönlichkeit dominiert wurde, wodurch ein ausgewogenes Miteinander nur eingeschränkt möglich war. Auch haben sich ruhigere Studierende gar nicht eingebracht.

## 1.3 Versuchsauswertung

Im Anschluss an die Versuche hatten die Studierenden Zeit, ihre Versuchsergebnisse auszuwerten, eine Literaturrecherche für die Ursachenforschung der aufgetretenen Phänomene und Effekte zu betreiben sowie die wesentlichen Erkenntnisse in Form eines maximal 20seitigen Berichtes darzulegen. Bei Fragen bestand weiterhin das Angebot seitens der Betreuer/innen, diese zu kontaktieren, um konstruktive Hilfestellung bei auftretenden Problemen erhalten zu können [9]. Von diesem Angebot haben die Studierenden auch regen Gebrauch gemacht, um u. a. Fragen in Bezug auf die Versuchsauswertung in Form von Diagrammen, zur Auswertungssoftware oder auch zur Berichtanfertiung zu stellen. Nach einer Korrekturschleife, in der die Studierenden ein erstes Feedback bzgl. inhaltlicher und formaler Korrektur-, Verbesserungs- sowie Ergänzungsvorschläge erhalten haben, erfolgte die Benotung anhand eines zu-

vor erstellten Anforderungskataloges bzgl. formaler und inhaltlicher Aspekte [10].

Da aus dem Bericht nicht ersichtlich war, wer welchen Part beigesteuert hat, wurde eine Gruppennote für diese Teilleistung vergeben. Dies hat dazu geführt, dass es zu einem Trittbrettfahrertum gekommen ist [11], d. h. einige Studierende haben fast den gesamten Bericht erarbeitet, während andere quasi nichts dazu beigetragen haben. Gleichzeitig wurde durch diese Vorgehensweise eine gewisse Objektivität bei der Benotung gegenüber den Studierenden gewahrt, da die Einzelleistungen nicht zuzuordnen waren und damit auch nicht einzeln honoriert werden konnten. Durch den klaren und eindeutigen Beurteilungsmaßstab wurde die Transparenz für die Studierenden erhöht.

Nachteilig bei dieser Prüfungsform ist allerdings der sehr hohe Zeitbedarf. Sowohl die Studierenden benötigen viel Zeit für die Erstellung ihrer Berichte als auch die Betreuer/innen für die anschließende Benotung. Da keinerlei Zeitrahmen für die Berichtserstellung im Modulhandbuch vorgegeben ist, hat es teilweise bis zu einem Jahr gedauert, bis die Berichte bei den Betreuer/inne/n angekommen sind. Das hat dazu geführt, dass die Interpretation der Versuchsergebnisse gerade im Hinblick auf Ausreißer/innen nicht mehr nachvollziehbar war und eine Benotung mit Bezug auf den durchgeführten Versuch nur schwer möglich war.

## 1.4 Nachbesprechung

Zur Abrundung des Fachlabors wurde eine kurze Nachbesprechung angesetzt. In dieser sollte überprüft werden, ob die Studierenden das im Bericht abgelieferte Wissen tatsächlich besitzen sowie Transferleistungen zu verwandten Themengebieten aufzeigen können. Dabei

wurden die Studierenden zur Reflexion und kritischen Diskussion angeleitet [8]. Zusätzlich konnte damit individuell auf den Wissensstand jedes/ jeder einzelnen Studierenden eingegangen und ein Fachgespräch auf Augenhöhe geführt werden; somit konnte jede/r Studierende mit der eigenen Teilleistung benotet werden [12]. Bei diesem Prüfungsformat in Form einer mündlichen Prüfung bestehen die gleichen Vor- und Nachteile wie bereits in Kapitel 1.3 aufgezeigt.

### 1.5 Notenvergabe und Feedback

Nach einer kurzen Beratung der beiden Betreuer/innen wurde aus den gewichteten Teileinzelnoten die Gesamtnote für jede/n Studierende/n ermittelt. Diese wurden den Studierenden verkündet und in Bezug auf die jeweilige Leistung der anderen Studierenden begründet, um eine Transparenz bei der Notengebung für die Studierenden zu schaffen. Des Weiteren erhielten die Studierenden ihre kommentierten Berichte zurück, um für zukünftige Arbeiten Anregungen daraus ziehen zu können. Abschließend wurden die Studierenden zu einem offenen Feedbackgespräch eingeladen, in dem sie sich bzgl. sämtlicher Aspekte der gesamten Veranstaltung äußern konnten. Die Gefahr bei einer offenen Feedbackrunde besteht jedoch darin, dass von den Studierenden nicht alles angesprochen wird. Gründe hierfür könnten die Angst vor einer möglichen Notenkorrektur oder vor anderweitigen Konsequenzen sein [13].

### 2. Problemfelder und Motivation

Nach der Feedbackrunde hat sich gezeigt, dass die Studierenden das Veranstaltungskonzept positiv bewerten. Allerdings schätzen sie den Arbeitsaufwand als zu hoch für die geringe Anzahl an Credit Points ein. Des Weiteren haben sie den zu hohen Detaillierungsgrad sowie

das sehr theoretische Fachwissen bemängelt, was insgesamt zu einer geringen Motivation geführt hat. Diese demotivierende Haltung hat auch auf die Betreuer/innen abgefärbt. Das ganze Konzept erschien zu sehr wissensvermittelnd und -prüfend, ohne die in den Modulhandbüchern geforderten Kompetenzen abzudecken. Auch hat sich gerade bei den Teilleistungen, die den Charakter von mündlichen Prüfungen haben, die Objektivitätswahrung als sehr schwierig erwiesen. Dies alles hat dazu geführt, dass das Veranstaltungskonzept unter hochschuldidaktischen Gesichtspunkten angepasst wurde.

### 3. Angepasstes Konzept

Da das Konzept sowohl von den Studierenden als auch von den Betreuer/inne/n geschätzt wurde und um eine gewisse Kontinuität zu wahren, wurde dieses bestehend aus den fünf bereits beschriebenen Teilbereichen beibehalten. Es wurde nur gezielt an einzelnen Stellen modifiziert, um der Verschiebung bei den Lehr-/ Lernzielen – einer Distanzierung von der reinen Wissensvermittlung hin zu einer Fokussierung auf die Vermittlung wichtiger Kompetenzen – gerecht zu werden. Die Änderungen sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile werden im Folgenden beschrieben.

#### 3.1 Wissensabfrage in Form einer Fragerunde

Bei der Fragerunde wurde die Form der Wissensabfrage angepasst, d. h. die Fragen wurden nach unterschiedlichen Lernzielorientierungen gestaffelt [14], um die Vergleichbarkeit der Prüfungsleistungen der Studierenden untereinander sicherzustellen und gleichzeitig die Benotung für die Betreuer/innen zu vereinfachen bzw. für die Studierenden transparenter zu gestalten. Auch

wurden die Fragen hinsichtlich ihrer Art überarbeitet, d. h. die Fragen wurden auf geschlossene Faktenfragen umgestellt, da diese zur reinen Wissensabfrage besser geeignet sind [4, 8]. Beispielsweise wurde die Frage gestellt: „In welchem Drehzahlbereich sollen die Versuche zur Erstellung des Stabilitätsdiagrammes durchgeführt werden“. Damit hatte die Studierenden die Möglichkeit, ihr angelesenes Wissen auf einen praktisch vorliegenden Fall anzuwenden und gleichzeitig die Erweiterung ihrer Fachkompetenz unter Beweis zu stellen. Diese Fragen wurden auf farblich gekennzeichnete Karteikarten gedruckt; die Studierenden konnten zu Beginn der Fragerunde selbständig die einzelnen, verdeckt liegenden Fragen ziehen, wodurch die Objektivität innerhalb der Fragerunde gesteigert werden konnte. Damit sollten die mit dieser Prüfungsform verbundenen typischen Fehlerquellen nach Stary [8], die bereits in Kapitel 1.3 thematisiert wurden, reduziert werden.

Die Studierenden konnten jeweils eine grüne, gelbe und rote Karte aus dem verdeckt auf dem Tisch liegenden Stapel ziehen (Abb. 2). Die Farben kennzeichnen die

jeweilige Lernzielorientierung (grün = Reproduktion, gelb = Reorganisation und rot = Transfer/Problemlösung/Beurteilung); die Nummer auf der Rückseite der Karten war identisch mit der zuvor erarbeiteten Musterlösung. Mit dieser Methode sollte gewährleistet werden, dass auch ruhigere und langsamere Studierende mit einbezogen werden, die ansonsten in einer Fragerunde mit vorherigem Melden eher eine geringe Beteiligung an den Tag gelegt hätten, obwohl sie die Antwort eigentlich gewusst hätten. Die Karteikarten wurden bei allen Gruppen genutzt, wodurch die Vergleichbarkeit sichergestellt und die Prüfer gleichzeitig entlastet wurden, da die Fragen inkl. der vorliegenden Musterlösung jederzeit wieder verwendet werden können [6, 7]. Zusätzlich wurde durch das eigenständige Ziehen der Karten durch die Studierenden sowie das Vorliegen einer zugehörigen Musterlösung die Unabhängigkeit von den Betreuer/inne/n bei der Durchführung und anschließenden Bewertung bestmöglich sichergestellt, was normalerweise bei mündlichen Prüfungen im Gegensatz zu schriftlichen nur sehr schwer zu realisieren ist [6].



Abb. 2: Karteikarten zur Wissensüberprüfung in der Fragerunde

### 3.2 Versuchsdurchführung

Während der Versuchsdurchführung im neuen Konzept haben die Betreuer/innen im Gegensatz zum vorherigen Durchgang gezielt Fragen gestellt, um alle Studierenden mit einzubeziehen und zur wissenschaftlichen Diskussion zu ermuntern. Auch sollten diese Fragen als Anstoß zum Nachdenken bzw. dem Hinterfragen des jeweiligen Vorgehens zu verstehen gewesen sein [9, 15]. Beispielsweise wurden gezielt Fragen zu den verschiedenen Möglichkeiten der Aufstellung eines Versuchsplans mit den damit einhergehenden Vor- und Nachteilen gestellt, um so Hilfestellung bei der Auswahl eines geeigneten Versuchsplans zu geben. Damit wurde die Fach- und Methodenkompetenz der Studierenden gefördert. Durch die Bearbeitung in einer Gruppe wurden die Studierenden zusätzlich noch im Bereich der Teamarbeit sensibilisiert. Auch motivierte die Gruppenarbeit alle Studierenden, sich aktiv in die Gruppe einzubringen, wodurch der Lerneffekt gesteigert wurde [16].

### 3.3 Versuchsauswertung

Zur Entlastung der Studierenden wurde der Bericht von bisher 20 Seiten auf maximal 12 Seiten reduziert. Auf den ansonsten obligatorischen „Stand der Technik“ wurde bewusst verzichtet, da das Vorhandensein dieses Faktenwissens bereits vorab in der Fragerunde bei den Studierenden geprüft wurde. Die Fokussierung bei dem Schritt der Versuchsauswertung lag auf der Vorbereitung für das spätere Berufsleben (berufliche Handlungskompetenz, vgl. [2]), da auch diese kurzen Berichte zu festen Terminen abgegeben und die vorgegebenen formalen Aspekten eingehalten werden müssen. Damit sollten die Studierenden lernen, sich einerseits selber zu organisieren (d. h. Organisationsmanagement) sowie

andererseits abgesprochene Termine einzuhalten (d. h. Terminprojektierung).

Die Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse in Form eines schriftlichen Berichtes hat das kooperative bzw. kollektive Lernen in den Fokus bei den Studierenden gerückt [4, 9]. Die Studierenden mussten sich selbständig Literatur suchen, um die während der Versuche aufgetretenen Effekte und Phänomene beschreiben sowie ihre Ursachen und Folgen benennen zu können, wodurch außerdem das problembasierte und projektorientierte Lernen verstärkt wurde [17, 18]. Bei der Benotung der Berichte lag der Schwerpunkt auf der Honorierung der Eigenleistungen der Studierenden; kleinere Abweichungen von der wissenschaftlich exakten Darstellungsform wurden zwar angestrichen, allerdings nur gering gewichtet, um den Studierenden die Möglichkeit zu bieten, erste eigene Erfahrungen mit den Anforderungen an das wissenschaftliche Schreiben zu gewinnen [19].

### 3.4 Nachbesprechung

Im Gegenzug zur Reduzierung des Berichtumfangs wurde die bisherige Nachbesprechung durch eine Kurzpräsentation mit anschließender kollegialer Fachdiskussion substituiert, wodurch für die Studierenden in Summe kein bzw. nur ein geringer Mehraufwand verursacht wurde. Die Präsentation der Ergebnisse erfolgte in einem geschützten, überschaubaren Rahmen, damit sich die Studierenden risikolos ausprobieren konnten, um eigene Erfahrungen zu den Anforderungen an das Präsentieren sammeln zu können [19]. Im Anschluss an jede Gruppenpräsentation erhielten die Studierenden ein kurzes Feedback zu ihrer Präsentation allgemein nach formalen und inhaltlichen Gesichtspunkten sowie zu ihrem individuellen Präsentationsstil. Durch die

daran angeschlossene kollegiale Fachdiskussion sollte nicht nur das reine Fachwissen abgeprüft, sondern das so erlangte Wissen auch von den Studierenden reflektiert und kritisch diskutiert werden [12]. Damit wurden zusätzlich wichtige Kompetenzen wie die Präsentationsfähigkeit, Rhetorik und Ausdrucksfähigkeit verbessert, zumal der Aspekt des Selbstmarketings bei den Studierenden im weiteren Studienverlauf sowie im späteren Berufsleben immer mehr in den Fokus gerückt wird.

### 3.5 Notenvergabe und Feedback

Durch die Änderungen beim Gesamtaufbau des Fachlabors ist es zu Verschiebungen bei den Gewichtungen der Teilleistungsnoten gekommen (Tab. 1). Die Gewichtung des Berichtschreibens wurde etwas reduziert, da diese als Gruppenleistung bewertet wird, und stattdessen wurden die restlichen Prozente auf die Präsentation und Nachbesprechung gleichmäßig verteilt, um auch den ruhigeren Studierenden die Möglichkeit zu bieten, ihr eigenes Wissen zu präsentieren.

| Teilleistung |                     | Wissensüberprüfung | Versuchsdurchführung | Versuchsauswertung | Nachbesprechung |
|--------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------|
| Gewichtung   | Ausgangskonzept     | 10 %               | 15 %                 | 60 %               | 15 %            |
|              | Angepasstes Konzept | 15 %               | 10 %                 | 45 %               | 30 %            |

Tab. 1: Gewichtungsfaktoren für die Berechnung der Gesamtnote

Am Ende der Veranstaltung erhielten die Studierenden zusätzlich zu der offenen Feedbackrunde noch die Möglichkeit, einen Feedbackbogen auszufüllen, um anonym Rückmeldung zur gesamten Veranstaltung zu geben. Dabei konnten die Studierenden sowohl ihre Lernerfolge als auch ihre Zufriedenheit mit der Durchführung der Veranstaltung an die Betreuer/innen rückmelden.

Die sich daraus ergebenden Konsequenzen werden im nachfolgenden Kapitel kurz dargelegt.

## 4. Evaluation und erzielte Ergebnisse

Ein Großteil der Studierenden fand die Veranstaltung trotz des von ihnen einheitlich als zu hoch angesehenen Arbeitsaufwandes gut und würde den Besuch Kommiliton/inn/en weiterempfehlen.

Die Studierenden waren mit der von den Betreuer/inne/n geschaffenen Arbeitsatmosphäre sowie den gegebenen Rahmenbedingungen zufrieden, fanden die von den Betreuer/inne/n präsentierten Inhalte verständlich, die herausgegebenen Unterlagen gut aufbereitet und nützlich sowie die Betreuer/innen insgesamt gut vorbereitet. Auch haben alle Studierenden die Betreuung während der gesamten Veranstaltung als super empfunden, was wahrscheinlich auch daran gelegen hat, dass die Betreuer/innen für Fragen jederzeit per Mail, Telefon oder auch persönlich zur Verfügung standen.

Der Einsatz der gewählten Methoden hat die zwei elementaren Funktionen, die nach [6] an eine Prüfung gestellt werden – die Steuerung des Lernprozesses sowie der Nachweis von erworbenem Wissen und Kompetenz – gut miteinander verknüpft. Dies war beispielsweise beim Einsatz der farblichen gekennzeichneten Karteikarten in der Vorbesprechungsrunde erkennbar, die bei den Studierenden trotz der anfänglichen Skepsis gut angekommen sind, da diese Form der Wissensüberprüfung eine lockere Atmosphäre bei gleichzeitig hohem Niveau geschaffen hat. Dies zeigt sich insgesamt auch in den sehr gut ausgefallenen Bewertungen für alle Studierenden, die an der Veranstaltung teilgenommen haben.

## 4.1 Konsequenzen und Potenziale

Trotzdem gibt es noch genug Raum für Verbesserungen. So sollte u. a. durch gezieltes Nachfragen bei einzelnen Studierenden z. B. während der Versuchsplanung und -durchführung die individuelle Teilleistung mehr gewichtet werden, um die zuvor ausgeführten Nachteile, die durch eine Gruppenarbeit entstehen, auszugleichen. Bei der schriftlichen Ausarbeitung sollte in Zukunft verstärkt auf die Einhaltung der vorgegebenen maximalen Seitenzahl geachtet und diese auch im Vorfeld deutlich als Obergrenze herausgestellt werden, um diesen zeittintensiven Part nicht noch mehr zu vergrößern. Damit könnte auch der zuvor verabredete Abgabetermin besser von den Studierenden eingehalten werden. Evtl. würde sich auch ein Vereinbaren von Teilzielen bzw. Aufstellen eines groben Arbeits- und Zeitplanes mit verbindlichen Meilensteinen für die Studierenden bei der Ausarbeitung des Berichtes als zielführend erweisen, um den Aufwand für die Versuchsauswertung und anschließende -analyse in Form eines Berichtes besser einschätzen und die Einhaltung von zuvor vereinbarten Terminen erlernen zu können.

Auch bei der kollegialen Fachdiskussion im Anschluss an die Präsentation sollte in Zukunft verstärkt darauf geachtet werden, dass alle Studierenden mit einbezogen werden, um ihre Teilleistung in diesem Bereich fairer bewerten zu können. So könnte beispielsweise ein Limit an maximal pro Studierender oder Studierendem zu beantwortende Fragen vorab festgelegt werden, so dass wirklich jede/r Studierende die Möglichkeit erhält, eigenes Wissen präsentieren zu können.

## 4.2 Nachhaltigkeit

Da das Fachlabor aus drei Versuchsreihen besteht, die von den Studierenden bei unterschiedlichen Betreuer/inne/n mit teilweise verschiedenen Leistungsansprüchen und Lehr-/Lernzielen durchzuführen sind, sollte in Zukunft auf ein einheitliches Konzept geachtet werden. Bei der nochmaligen Durchführung des Fachlabors im kommenden Semester wird vor Beginn der eigentlichen Veranstaltung ein einheitliches, für alle Betreuer/innen verbindliches Konzept, basierend auf den fünf beschriebenen Teilbereichen, vorgegeben, um den Studierenden eine höhere Transparenz zu ermöglichen und ein geschlossenes Auftreten der Lehrperson den Studierenden gegenüber zu gewährleisten. Das einheitliche Rahmenkonzept wird bereits vor Veranstaltungsbeginn auf der Homepage angekündigt und beworben. In diesem wird u. a. die Dauer der einzelnen Teilbereiche, die konkrete Form der Leistungsüberprüfung, beispielsweise die Wissensüberprüfung in der Fragerunde anhand von Lernzielorientierungen, sowie die maximale Seitenanzahl und Aufbau des Berichtes oder auch der Abgabetermin vorgegeben.

Des Weiteren könnten bei der Durchführung der drei Versuchsreihen unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden (z. B. Präsentieren, wissenschaftliches Schreiben), um damit den Arbeitsaufwand der Studierenden insgesamt zu reduzieren. Somit müssten die Studierenden nur für eine der drei Versuchsreihen einen ausformulierten schriftlichen Bericht schreiben, bei den anderen beiden hingegen würde ein stichpunktartiges Protokoll mit Diagrammen ausreichen.

## 5. Zusammenfassung

Im subjektiven Vergleich dieser unter hochschuldidaktischen Gesichtspunkten überarbeiteten Lehrveranstaltung zu der im Vorjahr durchgeführten, haben die kleinen Veränderungen einiges Positives im Lehr-/Lernprozess bewirkt. Die hier beschriebenen Methoden zur Reduzierung der mit dem jeweiligen Prüfungsformat verbundenen Nachteile können auch in anderen Kontexten eingesetzt werden. So können beispielsweise die nach Lernzielorientierung gestaffelten Karteikarten in fast jeder mündlichen Prüfung von Gruppen Anwendung finden, um den individuellen Lernstand der Studierenden zu erfragen.

Durch die konsequente Verfolgung der Fokussierung auf die Vermittlung wichtiger Kompetenzen weg von der bisherigen reinen Wissensvermittlung und anschließenden Leistungsüberprüfung ist es gelungen, die Veranstaltung für die Studierenden interessanter zu gestalten sowie ihnen die Vorteile einer solchen Veranstaltung trotz des damit verbundenen höheren Arbeitsaufwandes aufzuzeigen. Damit konnte ihre Motivation deutlich gesteigert werden, was sich einerseits an dem Studierendenfeedback und andererseits an den besseren Leistungen aller Studierenden im Vergleich zum vorherigen Konzept festmachen lässt.

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr. -Ing. Dirk Biermann** | Institutsleiter // Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund // [biermann@isf.de](mailto:biermann@isf.de)

**Tobias Brüggemann** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund // [brueggemann@isf.de](mailto:brueggemann@isf.de)

**Dr.-Ing. Evelyn Würz** | Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund // [evelyn.wuerz@tu-dortmund.de](mailto:evelyn.wuerz@tu-dortmund.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Müller, A. & Schmidt, B. (2009). Prüfungen als Lernchance: Sinn, Ziele und Formen von Hochschulprüfungen. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 4(1), 23-45.
- [2] Paetz, N.-V., Ceylan, F., Fiehn, J., Schworn, S., Harteis, C. (2011). Kompetenz in der Hochschuldidaktik. Ergebnisse einer Delphi-Studie über die Zukunft der Hochschullehre. Wiesbaden: Springer Verlag.
- [3] Tietze, K.-O. (2007). Kollegiale Beratung. Problemlösungen gemeinsam entwickeln. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- [4] Tiberius, V. (2011). Hochschuldidaktik der Zukunftsforschung. Wiesbaden: Springer Verlag.

- [5] Sippel, S. (2009). Zur Relevanz von Assessment-Feedback in der Hochschullehre. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 4(1), 1-22.
- [6] Dubs, R. (2003). Besser schriftlich prüfen. Prüfungen valide und zuverlässig durchführen. In B. Berendt, J. Wildt & B. Szczyrba (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre (Griffmarke H 5.1, S. 1-26)*. Stuttgart: Raabe.
- [7] Metzger, C. & Nüesch, C. (2004). *Fair prüfen. Ein Qualitätsleitfaden für Prüfende an Hochschulen*. St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik.
- [8] Stary, J. (2001). Doch nicht durch Worte nur allein.... Die mündliche Prüfung. In B. Berendt, J. Wildt & B. Szczyrba (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre (Griffmarke H 2.1, S. 1-19)*. Stuttgart: Raabe.
- [9] Pfäffli, B. A. (2005). *Lehren an Hochschulen. Eine Hochschuldidaktik für den Aufbau von Wissen und Kompetenz*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt-Verlag.
- [10] Rossig, W. E. & Präscht, J. (2006). Erstellung und Bewertung wissenschaftlicher Arbeiten. In B. Berendt, J. Wildt & B. Szczyrba (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre (Griffmarke H 4.1, S. 1-33)*. Stuttgart: Raabe.
- [11] Steinhüble, D. (2003). *Die universitäre Lehre der Zukunft – mit Neuem Wissen?: Betrachtungen am Beispiel Augsburgs*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- [12] Arbeitsstelle für Hochschuldidaktik der Universität Zürich (2006). *Formen von Leistungsnachweisen. In Leistungsnachweise in modularisierten Studiengängen (S. 21-35)*. Zürich.
- [13] Landwehr, N. (2003). *Grundlagen zum Aufbau einer Feedback-Kultur. Konzepte, Verfahren und Instrumente zur Einführung von lernwirksamen Feedbackprozessen*. Bern: hep-Verlag.
- [14] Roloff (2003). *Hochschuldidaktisches Seminar. Schriftliche Prüfungen*. FH Offenburg.
- [15] Steffen, M, Bücker & May, D (2011). *Das Industrial Engineering-Labor*. In U. Bach, K. Müller, T. Jungmann (Hrsg.), *Praxiseinblicke. Forschendes Lernen in den Ingenieurwissenschaften (S. 16-19)*. Aachen, Bochum, Dortmund: TeachING-LearnING.EU.
- [16] Girgensohn, K. (2007). *Neue Wege zur Schlüsselqualifikation Schreiben. Autonome Schreibgruppen an der Hochschule*. Wiesbaden: GWV Fachverlag GmbH.

- [17] Wildt, J. & Eberhardt, U. (2010). Einleitung: Neue Impulse? Hochschuldidaktik nach der Strukturreform. In U. Eberhardt. (Hrsg.), *Neue Impulse in der Hochschuldidaktik. Sprach- und Literaturwissenschaften* (S. 11-24). Wiesbaden: Springer Verlag.
  
- [18] Jungmann, T. (2011). Forschendes Lernen in der Ingenieurausbildung. In U. Bach, K. Müller, T. Jungmann (Hrsg.), *Praxiseinblicke. Forschendes Lernen in den Ingenieurwissenschaften* (S. 4-10). Aachen, Bochum, Dortmund: TeachING-LearnING.EU.
  
- [19] Lippmann, J. (2011). Projektbürop Bauen + Umwelt. In U. Bach, K. Müller, T. Jungmann (Hrsg.), *Praxiseinblicke. Forschendes Lernen in den Ingenieurwissenschaften* (S. 12-15). Aachen, Bochum, Dortmund: TeachING-LearnING.EU.

---

## **Mentoring und Peer-Coaching**

---

# Synergien durch Erfahrungstransfer

## Das Programm MentoRing4Excellence an der FH Köln

### Einleitung

Nicht nur die Verdichtung der Studieninhalte im Zuge des Bolognaprozesses macht den Hochschulen zu schaffen, sondern derzeit vor allem auch die gestiegenen Studierendenzahlen. Fachspezifische und allgemeine Veränderungen im Schul- und Hochschulsystem stellen die Hochschulen vor besondere Herausforderungen. Die hohen Abbruchquoten sowohl an Universitäten als auch an Fachhochschulen, insbesondere in den Ingenieurwissenschaften [1], erfordern unmittelbares Handeln.

Durch das Aussetzen der Wehrpflicht im Juli 2011 sowie die durch die Einführung der G8 (2007 bis 2016) [2], bedingten doppelten Abiturjahrgänge sehen sich die Hochschulen mit erheblich gestiegenen Studienanfänger/innenzahlen konfrontiert, wobei das Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder bis 2025 nur einen geringen Rückgang prognostiziert: „Die Zahl der Schulabsolventinnen und Schulabsolventen mit Studienberechtigung (Hochschulreife und Fachhochschulreife) wird von bundesweit knapp 460 000 (2010) auf voraussichtlich fast 519 000 (2013) ansteigen und danach auf 466 000 (2014) bzw. nach einem Zwischenhoch von 480 000 (2016) auf 414 000 (2025) abnehmen“ [3]. Der nur leichte Rückgang der Studienanfänger/innenzahlen zwischen 2016 und 2025 lässt sich laut Kultusministerkonferenz unter anderem durch die folgenden Gründe erklären [4]:

- einer stark gestiegenen Bildungsbeteiligung in schulischen Bildungsgängen, die zur Hochschulreife führen,
- einem Anstieg der Zahl der Studienanfänger/innen, die ihre Hochschulzugangsberechtigung im Ausland erworben haben,
- einem veränderten Übergangsverhalten von der Schule an die Hochschule,
- zusätzlichen Studienanfänger/innen, die über eine berufliche Qualifikation ein Hochschulstudium aufnehmen.

Als fachspezifische Herausforderung kommen hohe Studienabbrecherquoten hinzu. Die aktuelle HIS-Studie zur Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010 [5] zeigt, dass insbesondere die Ingenieurwissenschaften, ebenso wie Mathematik und Naturwissenschaften, mit 30 % an den Fachhochschulen und 48 % an den Universitäten die derzeit höchsten Studienabbrecherquoten aufweisen, wobei man bei den Ingenieurwissenschaften an Fachhochschulen seit 2002 eine stetig steigende Tendenz dieser Quote beobachten kann [6].

Wie die letzte HIS-Studie zu den Ursachen des Studienabbruchs im Studienjahr 2008 in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen [7] zeigt, sind die Gründe für die Abbruchentscheidung vielfältig und meist

wird sie nicht nur durch ein einziges Motiv bestimmt (vgl. Abb. 1). Zugrunde gelegt wurden der gesamten Studie die Daten von 2.500 Studienabbrechern von 87 deutschen Hochschulen (54 Universitäten, 33 Fachhochschulen), sowie aus Vergleichsgründen die Daten von 1.600 Absolventen/innen und 400 Hochschulwechslern/innen. Die Aussagen zu den Abbruchgründen in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen an Fachhochschulen beruhen auf den Daten von 257 Studienabbrechern. Obgleich in den Ingenieurwissenschaften an Fachhochschulen finanzielle Probleme und Leistungsprobleme mit 25% und 24% die am häufigsten genannten Gründe für den Studienabbruch darstellen, so werden problematische Studienbedingungen, wie mangelhafte Organisation oder fehlender Praxisbezug mit 14% an dritter Stelle genannt und auch eine mangelnde Studienmotivation stellt mit 9% einen nicht unerheblichen Grund für den Studienabbruch dar [7].

Auch die Studienverlaufsstatistiken an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik (Campus Gummersbach) der Fachhochschule Köln zeigen die charakteristischen Abbruchquoten von bis zu 30 % seit der Einführung der Bachelorstudiengänge im Wintersemester 2007/2008.

Um die Studienabbrecherquote zu senken, setzt das Pilot-Programm MentoRing4Excellence© der Fachhochschule Köln mit seinem Unterprogramm MentoRing4Beginners© bei den Punkten Studienbedingungen und –motivation an und unterstützt die Studienanfänger/innen direkt beim Studienstart. MentoRing4Beginners© spannt ein Netzwerk zwischen Studienanfängern/innen, erfahrenen Studierenden und externen Führungskräften und ist auf gegenseitiges Wachstum ausgerichtet: Wachstum durch neue Erfahrungen, neue Kontakte, Reflexion unterschiedlicher Wege und Chancen bis hin

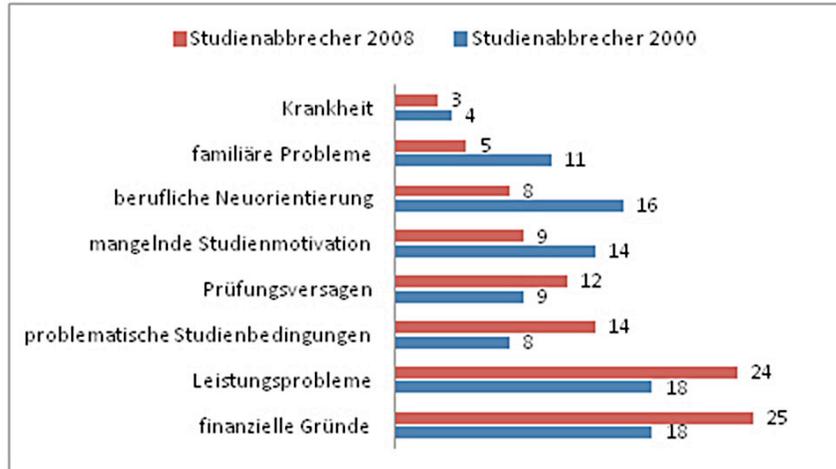


Abb. 1: Ausschlaggebende Abbruchgründe: Fächergruppe Ingenieurwissenschaften an Fachhochschulen (N=257, Angaben in %) [7]

zur Erweiterung der eigenen Wahrnehmung und der Handlungsmöglichkeiten.

Das Programm MentoRing4Beginners© ermöglicht, flächendeckend selbst große Kohorten von Studienanfängern/innen zu erreichen und frühzeitig auf negative Entwicklungen oder Stimmungen zu reagieren. Erstmals wurde es zum Wintersemester 2011/2012 verpflichtend für die zu diesem Zeitpunkt 731 Erstsemesterstudierenden der Ingenieurwissenschaften und der Informatik am Campus Gummersbach eingeführt.

## 1. Programm Mentoring4Excellence

### 1.1 Rahmenbedingung an der FH-Köln, CGM

Die Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften der FH Köln ist mit derzeit 3271 Studierenden (Stand WS 2011/2012) die größte Fakultät der FH Köln. Am Campus Gummersbach werden 12 Bachelor- und 5 Masterstudiengänge angeboten. Den einzelnen Studiengängen sind jeweils Studiengangsbeauftragte zugeordnet, die in Kooperation mit den vorhandenen Instituten Studienreformen durchführen sowie die Studenten/innen beraten. Regelmäßige Evaluationen der Lehrveranstaltungen sowie Absolventen/innen- und Zufriedenheitsbefragungen sind feste Bestandteile der Qualitätssicherung.

2011 wurde dem Campus Gummersbach vom TÜV ein Zertifikat mit der Klassifizierung „Premium“ für das ganzheitliche Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001:2008 verliehen.

## 1.2 Programmbeschreibung

MentoRing4Excellence©, das mehrstufige Mentoringprogramm am Campus Gummersbach der Fachhochschule Köln umfasst die beiden Unterprogramme: MentoRing4Beginners© und MentoRing4LeadershipDevelopment©.

Das Programm MentoRing4Beginners© bietet Orientierung und Hilfestellung für die Erstsemester. Erfahrene Studierende stehen den „Neuen“ als Mentoren/innen zur Seite, damit diese besser in den Studienalltag hineinfinden. Sie sind Begleitung und Ansprechpartner/innen in allen Fragen rund ums Studium. Für die Studienanfänger/innen ist die Teilnahme am Mentoring verpflichtend. Die Mentoren/innen (Studierende ab dem 3. Semester) werden in einem mehrstufigen Bewerbungsprozess ausgewählt und bekommen Tutorenverträge. Auswahlkriterien sind Motivation, Studienleistung sowie Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz.

Sie erhalten vorab ein Schulungsprogramm, welches sie mit einer Prüfung abschließen. Während des Mentorings werden sie durch regelmäßige Gruppensupervision begleitet, in der sie anstehende Aufgaben und aktuelle Probleme reflektieren, sich austauschen oder sich beraten lassen können. Jede/r Mentor/in betreut ca. drei Gruppen von 10 – 15 Studienanfängern/innen.

Die Mentoren/innenausbildung ist als viertägiges Intensivtraining konzipiert und umfasst folgende Inhalte:

- Rolle des Mentors,
- Aufbau der Beziehung zwischen Mentor/in und Mentee,
- Beraten und Coachen,

- Methoden und Möglichkeiten der Gesprächsführung,
- Kommunikations- und Fragetechniken,
- Gestalten und Leiten von Gruppensitzungen,
- Ziel- und Lösungsorientierung,
- Konfliktmanagement
- Basiswissen hinsichtlich der Organisation der Hochschule und der Studiengänge

Pro Semester finden drei Gruppentreffen statt, in denen die Studienanfänger/innen mit ihren Mentoren/innen Fragestellungen bearbeiten. Diese können z. B. die Themengebiete Studienorganisation, Studienlaufbahnplanung, Lerntechniken, Prüfungsvorbereitung und Praktika, Netzwerke und Berufsbild sowie weitere studiumsrelevante Bereiche betreffen. Alle Themen und Informationen werden vorab in Form von Präsentationen, Readern, Toolboxen und/oder Übungsanleitungen vorbereitet und stehen den Mentoren/innen als umfangreiches Handbuch zur Verfügung oder können auf der Mentoring-Website heruntergeladen werden.

Die Mentees finden leichter ins Studium und schneller Kontakte (vgl. Abb. 2) – die Mentoren/innen erhalten neue Impulse für den eigenen Studienkontext und entwickeln und stärken die eigenen berufsrelevanten Kommunikations-, Beratungs- und Führungskompetenzen. Gegen Ende des ersten Semesters erhalten die Mentoren/innen eine zusätzliche mehrtägige Schulung im wissenschaftlichen Arbeiten. Diese Qualifikation befähigt sie, im folgenden Semester eigenständig Tutorien zum wissenschaftlichen Schreiben sowohl für Studienanfänger/innen als auch für fortgeschrittene Studierende vor der Abschlussarbeit anzubieten.

Besonders leistungs- und kommunikationsbereite Studierende, die sich als Mentor/in bewährt haben, können sich für das „Leadership Development Program“ bewerben.

Im Rahmen dieses studienbegleitenden Qualifizierungsprogramms werden ihnen externe Führungskräfte als Mentor/innen zur Seite gestellt, so dass sie in Gesprächen, Projektarbeit und durch Einbindung in berufsrelevante Netzwerke von deren langjähriger Berufs- und Lebenserfahrung profitieren können. Positive Leitbilder und persönliche Förderung sind wesentliche Aspekte effizienter Karriereplanung, ebenso wie der Erwerb überfachlicher Schlüsselkompetenzen und Strategien für den Berufseinstieg.

Das Programm beginnt mit einer individuellen Potenzialanalyse zur Erfassung berufsbezogener Stärken und Schwächen sowie der Ableitung des individuellen Entwicklungsbedarfs. Zur Weiterentwicklung folgen mehrere aufeinander aufbauende Trainingseinheiten, welche Module zur Entwicklung und Stärkung von Führungskompetenzen und Persönlichkeit beinhalten, wie z. B. Grundlagen und Schlüsselemente der Führung, Kommunikation, Teamführung und das Fördern und Fordern von Mitarbeitern/innen.

Auch den berufserfahrenen Fach- und Führungskräften bietet das Mentoring einen Gewinn, indem sie Kontakt zum qualifizierten Nachwuchs, seiner Denk- und Lebensweise finden, junge motivierte Diskussionspartner/innen für eigene Ideen kennenlernen, Zugang zu aktuellen Forschungsfragen und – ergebnissen erhalten, ihre eigenen fachlichen und sozialen Kompetenzen und den eigenen Berufsweg reflektieren können, ein Netzwerk zwischen Hochschule und Unternehmen und anderen Fach- und Führungskräften aufbauen und nicht

zuletzt qualifizierten Nachwuchs gewinnen können. Sie erhalten Informationsmaterial zum Programm und eine Broschüre mit Handreichungen für die Gestaltung der Mentee-Mentor/innen-Beziehung. Die Beziehung und die Inhalte des Mentorings werden in einer schriftlichen Vereinbarung festgehalten.

## 2. Akzeptanz und Wirkung

Das Mentoring ist an klaren Zielen ausgerichtet und dementsprechend im Effekt überprüfbar.

An der ersten Evaluation des MentoRing4Beginners© im Wintersemester 2011/2012 nahmen insgesamt 479 Studienanfänger teil, von denen 258 den Ingenieurwissenschaften angehören.

Die Evaluation wurde mittels anonymisierter, standardisierter Fragebögen durchgeführt. Erfasst wurden 74 Items, welche sich auf folgende Dimensionen bezogen:

- Demographische Angaben
- Angaben zum Studienstatus
- Angaben zum Migrationshintergrund
- Angaben zur Teilnahme am Mentoringprogramm
- Einschätzung der Mentoren und Mentorinnen
- Einschätzung der Inhalte der Mentoringtreffen
- Einschätzung der erteilten Übungen und Aufgaben
- Einschätzung des Mentoringprogramms allgemein

Bei den Items zur Einstellungsmessung wurden zwei fünfstufige Ratingskalen verwendet, zum einen mit dem Spektrum „stimme zu – stimme nicht zu“ und zum anderen mit dem Spektrum „wenig – sehr“. 10 der 74 Items

waren offen formuliert und zielten darauf ab, eine größere Bandbreite an Aspekten und Einschätzungen zu erfassen, um eine Grundlage zur weiteren Optimierung des Mentoringprogramms zu erhalten.

Summarisch zeigen die Ergebnisse der Evaluation durch die Studierenden der Ingenieurwissenschaften eine sehr gute bis gute Bewertung (N=258), wobei die geschulten Mentoren/innen mit einem Mittelwert von 1,6 (Standardabweichung: 0,5, Median: 1,4) die vergleichsweise beste Bewertung erhielten. Die Übungen und Aufgaben wurden im Mittel mit 2,3 bewertet (Standardabweichung: 0,5, Median: 2,2), die Inhalte der Mentoringtreffen mit 2,2 (Standardabweichung: 0,5, Median: 2,1).

Insgesamt wurde das Mentoringprogramm von den Studierenden als hilfreich angesehen.

Einzig negativer Ausreißer ist die Vermittlung einer „realistischen Einschätzung der zu bewältigenden Aufgaben im Studium“. Es ist anzunehmen, dass die Studienanfänger/innen wahrgenommen haben, dass die Schilderungen der Mentoren/innen, die alle das Grundstudium mit guten Noten abgeschlossen haben, mit ihrer persönlichen Realität im Grundstudium nicht deckungsgleich sind.

Bei den Studienbeginnern/innen der Ingenieurwissenschaften vom Wintersemester 2011/2012 konnte die Schwundquote vom 1. zum 2. Semester im Vergleich zur mittleren Abbrecher/innenquote der Wintersemester 2007/2008 bis 2010/2011 (Mittelwert 14,1 %) um 49,7 % (auf 7,1 %) gesenkt werden (bei den Informatikern/innen um 24,6 % (von 13,1% auf 10 %) und insgesamt um 38 % (von 13,6 % auf 8,5 %)) [8], wobei das Mentoring-

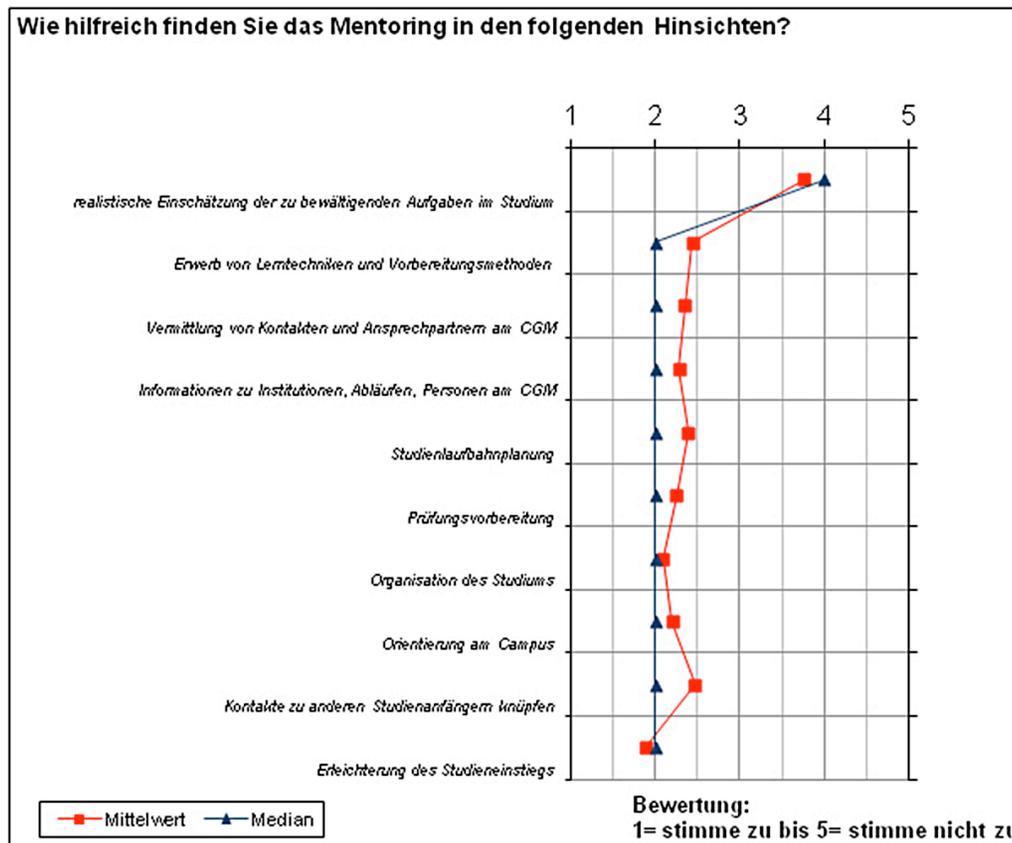


Abb. 2: Beurteilung der Relevanz des Mentoringprogramms für den Studieneinstieg (Studierende der Ingenieurwissenschaften, N=258)

programm im Wintersemester 2011/2012 die einzige neue Maßnahme war.

Der Erfolg des Programms dürfte hierbei unter anderem auf die flankierenden kompetenz-, erfolgs- und qualitätssichernden Rahmenbedingungen und Maßnahmen zurückzuführen sein:

- Kompetenzsicherung durch ein mehrstufiges Auswahlverfahren und mehrtägige Schulung der Mentoren/innen,
- Weitergabe geprüfter Informationen durch die Mentoren/innen durch Vorgabe und Gestaltung der entsprechenden Inhalte, Arbeits- und Präsentationsunterlagen,

- Website mit Materialiendownloads, Blogs, Kalender,
- professionelle Gestaltung der Gruppensitzungen,
- fortlaufende Begleitung und Unterstützung der Mentoren/innen durch ein umfangreiches Mentoren/innenhandbuch und Supervision,
- regelmäßige Erfolgskontrolle durch Protokolle, Evaluationen und Studierendenstatistik.

Insgesamt handelt es sich bei dem vorgestellten Programm um eine sehr erfolgreiche Maßnahme und nach erster Sichtung zeigt die Evaluation zum Ende des

Wintersemesters 2012/2013 sogar noch etwas positivere Ergebnisse als die letzte. Es nahmen insgesamt 441 Studienanfänger teil, von denen 228 den Ingenieurwissenschaften angehören. Die geschulten Mentoren/innen erhielten von den Studierenden der Ingenieurwissenschaften mit einem Mittelwert von 1,4 (Standardabweichung: 0,4; Median: 1,3) wieder die vergleichsweise beste Bewertung. Die Übungen und Aufgaben wurden im Mittel mit 2,1 bewertet (Standardabweichung: 0,7; Median: 2), die Inhalte der Mentoringtreffen wurden im Mittel mit 2 bewertet (Standardabweichung: 0,7; Median: 2).

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr. Dipl.-Psych. Gabriele Koeppe** | Professorin // Betriebswirtschaftliches Institut Gummersbach // Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften, Campus Gummersbach, Fachhochschule Köln // [koeppe@gm.fh-koeln.de](mailto:koeppe@gm.fh-koeln.de)

**Daniela Otto** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Betriebswirtschaftliches Institut Gummersbach // Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften, Campus Gummersbach, Fachhochschule Köln // [daniela.otto@fh-koeln.de](mailto:daniela.otto@fh-koeln.de)

**Ludger Schönfeld** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Betriebswirtschaftliches Institut Gummersbach // Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften, Campus Gummersbach, Fachhochschule Köln // [ludger.schoenfeld@fh-koeln.de](mailto:ludger.schoenfeld@fh-koeln.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] Heublein, Ulrich; Richter, Johanna; Schmelzer, Robert; Sommer, Dieter (2012): Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. In: HIS - Forum Hochschule 3. S. 2. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201203.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf)
- [2] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland : Aktuelle Entwicklung in den Ländern – Verkürzung der Schulzeit. Am 14.12.13 entnommen von: <http://>

[www.kmk.org/no\\_cache/bildung-schule/allgemeine-bildung/sekundarstufe-ii-gymnasiale-oberstufe.html?sword\\_list\[0\]=g8](http://www.kmk.org/no_cache/bildung-schule/allgemeine-bildung/sekundarstufe-ii-gymnasiale-oberstufe.html?sword_list[0]=g8)

- [3] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland Referat IV C: Vorausberechnung der Studienanfängerzahlen 2012-2025. Fortschreibung (Stand: 24.01.2012). S. 1. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Vorausberechnung\\_der\\_Studienanfaengerzahlen\\_2012-2025\\_01.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Vorausberechnung_der_Studienanfaengerzahlen_2012-2025_01.pdf)
- [4] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland Referat IV C: Vorausberechnung der Studienanfängerzahlen 2012-2025. Fortschreibung (Stand: 24.01.2012). S. 2. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Vorausberechnung\\_der\\_Studienanfaengerzahlen\\_2012-2025\\_01.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Vorausberechnung_der_Studienanfaengerzahlen_2012-2025_01.pdf)
- [5] Heublein, Ulrich; Richter, Johanna; Schmelzer, Robert; Sommer, Dieter (2012): Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. In: HIS - Forum Hochschule 3. S. 16; S, 22. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201203.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf)
- [6] Heublein, Ulrich; Hutzsch, Christopher; Schreiber, Jochen; Sommer, Dieter; Besuch, Georg (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. In: HIS - Forum Hochschule 2. S. 9. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201002.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201002.pdf)
- [7] Heublein, Ulrich; Hutzsch, Christopher; Schreiber, Jochen; Sommer, Dieter; Besuch, Georg (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. In: HIS - Forum Hochschule 2. S. 168. Am 14.12.2012 entnommen von: [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201002.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201002.pdf)
- [8] Koeppel, Gabriele; Otto, Daniela; Schönfeld, Ludger (2012): MentoRing4Excellence - Pilotprojekt für Studienanfängerinnen und Studienanfänger an der Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften der FH Köln. S. 7. Am 14.12.2012 entnommen von: <https://mentoring4excellence.gm.fh-koeln.de/publikationen/>

# Studis für Studis

## Softskills in der Praxis mittels Peer-Mentoring

### Einleitung

Um den Studienanfängern den Einstieg während des 1. Studienjahres zu erleichtern, arbeiten Studierende höherer Fachsemester als Peer-Mentor/inn/en und erweitern so ihre eigenen Softskills.

Ingenieure und Ingenieurinnen benötigen im Berufsleben zunehmend außerfachliche, kommunikative Kompetenzen sowie Teamleitungs- und Organisationsfähigkeiten, die sie als Mentor/inn/en erwerben bzw. vertiefen können. Gleichzeitig steigt der Bedarf an individueller Unterstützung der Studienanfänger/innen, wie die zunehmende Heterogenität der Studierendenschaft und die hohen Studien-Abbruchquoten zeigen. Äußern und konkretes Benennen von Problemen bilden dabei in den meisten Fällen die größten Hürden für die Studienanfänger/innen. Ein/e geschulte/r Ansprechpartner/in von „Gleich zu Gleich“ kann diese Hürden nehmen und Hilfe zur Selbsthilfe bei den Startschwierigkeiten im Studium geben.

### Projektziele

Während des Projektes sollten leistungsstarke Studierende als Mentor/inn/en berufsrelevante Kompetenzen und Konzepte erlernen, die sie in der Mentoratssituation erproben, weiterentwickeln und gleichzeitig an die Mentees weitergeben können, z.B. kommunikative Kompetenzen, Projektmanagement, Teamwork, Ziel-

vereinbarungen, Zeitmanagement, Arbeitsplatzorganisation. Diese Förderung über die fachlichen Kompetenzen hinaus trägt dazu bei, den Anteil der Studierenden in der Spitzengruppe des Studiengangs zu erhöhen.

### Vorgehensweise

Den Studienanfänger/inne/n der Bachelor-Studiengänge Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Informations- und Kommunikationstechnik wurde in der Studieneingangsphase (während der ersten beiden Studiensemester) ein/e Mentor/in an die Seite gestellt (Gruppengröße: 20 Mentees), der/die Hilfe zur Selbsthilfe bei den Startschwierigkeiten ins Studium gibt. Dieses Angebot soll zusätzlich auch die Maßnahmen ergänzen, die unternommen werden, um den hohen Studienabbruchzahlen in den ersten Semestern entgegenzuwirken.

Eine Umfrage unter den Studienanfänger/inne/n, jeweils am Ende eines Semesters, bildet ein Feedback für die Mentor/inn/en und die Fakultät, wie dieses Projekt sowohl für die Mentor/inn/en als auch zukünftige Studienanfänger/innen weiter verbessert werden kann.

Das neu konzipierte Mentoringprogramm orientierte sich an den zwei Komponenten der Studienanfänger/innenbetreuung, die an der Fakultät für Elektrotechnik seit mehreren Jahren zwar kontinuierlich, jedoch ohne Absprache bzw. Abstimmung zwischen den jeweiligen

Verantwortlichen, also voneinander entkoppelt angeboten wurden: Das Mentoringprogramm – in Verantwortung des Fachschaftsrates – war in der Regel auf die Orientierungsphase vor Studienbeginn beschränkt und wurde begrenzt in Form der individuellen Bedarfsanfrage weitergeführt. Unabhängig davon ergänzte ein von den Hochschullehrer/innen der Fakultät organisiertes und von studentischen Hilfskräften durchgeführtes Tutor/inn/enprogramm die an die Vorlesungen geknüpften Kleingruppenübungen. Beide Angebote sollten die Studienanfänger/innen unterstützen, allerdings entstanden häufig Informationsdefizite durch fehlende Abstimmung zwischen den Programmen.

Wie bereits beschrieben, wächst der Bedarf an Begleitung während des ersten Studienjahres, zum Beispiel in Form eines direkten Ansprechpartners bzw. einer Ansprechpartnerin, der/die „beim Studieren lernen“ unterstützt. Dieser Bedarf sollte durch ein aufeinander abgestimmtes Peer-Mentoring gedeckt werden, welches von den zu Mentor/inn/en weiterqualifizierten Tutor/inn/en angeboten wird. Zusätzlich zur ihrer Tätigkeit sollen diese Studierenden später auch als Multiplikator/in für nachrückende Mentor/inn/en fungieren.

Die Mentor/inn/en wurden in zwei ganztägigen hochschuldidaktischen Workshops durch didaktisch geschultes Personal auf ihre Arbeit vorbereitet. Zu den Schulungsthemen gehörten z.B. Grundlagen der Gesprächsführung, der Umgang mit Konfliktsituationen oder das Geben und Nehmen von konstruktivem Feedback. Ebenso wurden die eigenen Arbeits- und Lernstrategien reflektiert, ein Arbeitsplan incl. einem angemessenem Zeitplan entwickelt, Zielvereinbarungen getroffen, Ziele gesetzt und ein Mentoringkonzept (Projektplan) entworfen. So haben die Studierenden Erfahrungen aus ihrer eigenen Anfangszeit reflektie-

ren und neu bewerten können sowie eigenständig Konzepte zur Durchführung ihrer Tätigkeit als Mentor/-in ausgearbeitet.

Um geeignete Studierende für die Aufgabe als Mentor/in bzw. Tutor/in zu finden, wurden erstmalig Ausschreibungen für diese Tätigkeit als studentische Hilfskraft formuliert. Bisher wurden Tutor/inn/en häufig leistungsbezogen aus dem vorangegangenen Studiensemester ausgewählt und die Mentor/inn/enaufgabe wurde in Eigeninitiative von Mitgliedern der Fachschaft übernommen. Die Resonanz auf die Ausschreibung ist als sehr verhalten zu bewerten - insgesamt musste die Ausschreibung mehrfach verlängert werden. Es hat sich als schwierig erwiesen, Studierende zu gewinnen, die von den verantwortlichen Hochschullehrenden als „fachlich geeignet“ eingestuft wurden und gleichzeitig über die erforderliche „soziale Kompetenz“ verfügten. Als Ursache konnte ein Zusammenwirken verschiedener Aspekte ermittelt werden, das vermutlich besonders in den Ingenieurwissenschaften auftritt: So werden leistungsstarke Studierende bereits ab dem 3. Fachsemester als studentische Hilfskräfte in die Forschungsprojekte der Lehreinheiten einbezogen. Damit ist ihre Arbeitskraft anderweitig gebunden. Wenn sich Studierende über diese Arbeit hinaus als Mentor/in engagieren, werden sie nach dem 5. Fachsemester automatisch durch den Studienverlaufsplan in ihrer Tätigkeit unterbrochen, da im 6. Fachsemester neben der Bachelorarbeit auch ein Industriepraktikum zu absolvieren ist. So können interessierte Mentor/-innen ihre Tätigkeit maximal ein Jahr ausüben.

Das Mentor/inn/enprogramm wurde im Rahmen der Erstsemestervorlesung, durch entsprechende Information auf den Internetseiten der Fakultät und während der Übungsgruppen vorgestellt.

## Ergebnisse und Ausblick

Eine Befragung unter allen Bachelor-Studienanfänger/innen des Wintersemesters 2012/2013 an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik hat ergeben, dass vor allem die Studierenden ein Feedback gegeben haben, die das Mentoring-Angebot auch aktiv nutzen. 50 Prozent aller Teilnehmer/innen haben durch Kommiliton/inn/en von dem Angebot erfahren, jeweils 25 Prozent in einer Vorlesung bzw. durch das Internet. Auf die Frage, was sie durch die Teilnahme am Programm gelernt hätten, antworteten 75 Prozent, die eigenen Arbeits- und Lernstrategien richtig reflektieren zu können. Die an der Umfrage Teilnehmenden, die das Mentoring-Programm nicht nutzten, gaben an, nicht davon gewusst zu haben.

Die Teilnahme an Tutorien ist für die Studienanfänger/innen nicht obligatorisch. Während des Peer-Mentoring-Projektes musste festgestellt werden, dass die Angebote in der Regel von Studierenden angenommen werden, die keine bis geringe Probleme haben, sich in den Studienalltag einzufinden. Nach Aussagen der Mentor/innen bzw. Tutor/innen werden die ein bis zwei Termine zu Beginn von einer größeren Zahl an Studierenden wahrgenommen. Danach sinkt die Teilnehmer/innenzahl stark ab und steigt erst wieder mit der direkten Vorbereitungsphase für die Prüfungen. Trotz unterschiedlicher Herangehensweisen an die Terminierung der Veranstaltungen konnte die Zahl der Interessenten nicht erhöht werden. So haben die Mentor/innen während der ersten Hälfte der Vorlesungszeit feste Veranstaltungstermine vorgegeben. Aufgrund der geringen Resonanz wurden in der zweiten Hälfte der Vorlesungszeit zusätzlich Termine auf Bedarf angeboten: Die Teilnehmerzahl bzw. das Interesse erhöhte sich nicht. Vermutlich wirkt sich die freiwillige Teilnahme an dem

Programm negativ auf die Resonanz durch die Studienanfänger/innen aus. Vor diesem Hintergrund ist zu überdenken, ob die Teilnahme an einem Mentor/inn/en bzw. Tutor/inn/en-Programm, sofern sie nicht verpflichtend für die Studienanfänger ist, in diesem Rahmen als sinnvolles Angebot zu betrachten ist.

Für die Studierenden, die die Mentoring-Aufgabe übernehmen, bietet das Programm im gewünschten Maß die Möglichkeit, ihre Softskills zu erweitern und zu verbessern. Allerdings weckte die Aussicht auf eine Weiterqualifikation zusammen mit der Entlohnung als studentische Hilfskraft nicht genug Interesse, um eine entsprechend umfangreiche Bewerber/innenzahl zu erhalten.

Die niedrige Anzahl an Bewerbungen bei gleichbleibendem Bedarf an 15-18 Studierenden hat Auswirkungen auf die gesamte Organisation des Projektes: Die oben beschriebenen Qualifikationen müssen erfüllt sein, d.h. vor allem, dass das 2. Fachsemester erfolgreich abgeschlossen sein muss. Diese Anforderung kann von einem Teil möglicher Bewerber/innen frühestens zum Ende des ersten Prüfungszyklusses des Sommersemesters, welcher in der Regel zwischen Mitte Juli und Ende August liegt, erfüllt werden. Einige Studierende nutzen auch Termine im zweiten Prüfungszyklus, also im September.

Nach erfolgter Sichtung der Bewerbungen und Auswahl geeigneter Studierender ist die beschriebene Schulungsmaßnahme für das Projekt mit allen Teilnehmer/innen noch vor Beginn der Vorlesungszeit und der Orientierungsphase des Wintersemesters, also vor Ende September, durchzuführen.

Um eine sinnvoll terminierte Schulung durchführen zu können, müssen die Bewerbungsanforderungen an die zukünftigen Mentor/innen ggf. noch einmal überdacht werden.

Am Mentoring-Programm für die Studienanfänger/innen wird auch in Zukunft festgehalten. Durch eine enge Kooperation mit der Fachschaft sollen die Mentor/-innen zusammen mit dem entsprechenden Angebot in der Orientierungsphase, die von ca. zwei Dritteln der Studienanfänger/innen besucht wird, vorgestellt werden. Es gab in der Vergangenheit unterschiedliche Versuche, die Erstsemesterstudierenden nach einem bestimmten Schema, z.B. nach Alphabet, Matrikelnummer o.ä. auf die Mentoren/inn/en bzw. Tutor/inn/en zu verteilen. Es scheint allerdings sinnvoll, im Rahmen des vorliegenden Konzeptes die Studienanfänger/innen selbst wählen zu lassen. So können z.B. Lerngruppen, die sich bereits gefunden haben, gemeinsam an einem Mentoring-Termin teilnehmen, was die Annahmefähigkeit sowie die Eigenmotivation positiv beeinflussen könnte.

Der Informationsfluss zwischen den Mentor/inn/en und wissenschaftlichen Mitarbeiter/innen, die die Lehre

unterstützen, ist ebenfalls als sehr positiv zu bewerten. Dennoch ist es notwendig, gemeinsam mit den studentischen Hilfskräften eine Vorgehensweise zu erarbeiten, die die Fähigkeit verbessert, zu entscheiden, welche Probleme und Informationen an die Übungsgruppenleiter/innen oder an die Studienfachberatung bzw. Studienkoordination weitergegeben werden sollten. Dafür ist eine engere Begleitung der Mentor/inn/en seitens der Studienkoordination geplant.

Ob das Angebot für die Studienanfänger/innen weiterhin freiwillig bleiben kann, muss die Erfahrung mit den kommenden ein bis zwei Kohorten zeigen. In diesem Zeitraum ist ggf. auch neu zu beurteilen, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um mehr Interessenten für die Aufgabe als Mentor/in bzw. Tutor/in zu gewinnen. Auch über die Bezeichnung „Mentoring-Programm“ wurde nachgedacht. Während die teilnehmenden Erstsemesterstudierenden den Begriff als zutreffend empfinden, sind für die Zukunft auch Begriffe wie „Studienscout“ denkbar, da Mentor/inn/en bzw. Tutor/inn/en stark an Begrifflichkeiten aus der Schulzeit erinnern und Assoziationen mit der Funktion des Lehrenden hervorrufen könnten, die einen starken Kontrast zum Peer-Gedanken bilden.

### **Autorinnen und Autoren**

**Dunja Rauh** | Studienkoordinatorin // Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Dortmund // [dunja.rauh@tu-dortmund.de](mailto:dunja.rauh@tu-dortmund.de)

## easyInternship Online

# Aufbau einer zentralen Online-Plattform zur Abwicklung von Praktika mit integrierter kollaborativer Lernumgebung zur Kompetenzentwicklung beim Verfassen technischer Berichte

### Einleitung

„Students as participants“ steht für die Idee, Studierenden aus ihrer mitunter immer noch auferlegten Passivität deutscher Hochschullehre heraus Verantwortung zu übertragen. Jedoch nicht unter Zwang, sondern an den Stellen und zu den Zeiten, an und zu denen es (den Studierenden) sinnvoll erscheint, einen Mehrwert verspricht und ihnen Nutzen bringt.

Aus dieser Motivation heraus entstand die Idee, ein Projekt zu realisieren, das einerseits Möglichkeiten einräumt, andererseits nicht einfordert; einerseits Begrenzungen vorgibt, andererseits genügend Freiräume lässt.

Als ideales Feld erwies sich das Praktikum der Maschinenbaustudierenden der TU Dortmund: Zum einen sind es die Praktikumsberichte, die den ersten Kontakt zum technischen Berichtswesen darstellen und eine Möglichkeit bieten, dass Studierende sich gegenseitig Hilfestellungen und Feedback geben. Zum anderen ist es das zuweilen zeitintensive Suchen und Finden eines Praktikumsplatzes (insbesondere eines Grundpraktikumsplatzes, bei dem man grundlegenden Handgriffe und Fertigkeiten kennen lernt, respektive erklärt bekommt, und so einem Unternehmen oft mehr Betreu-

ungsaufwand bereitet, als Nutzen bringt), was genug Potenzial bietet, um die Wissensweitergabe unter Studierenden zu forcieren.

### Ausgangsbedingungen

Zu den bereits genannten Anknüpfungspunkten stellten Aufmachung und Aufbereitung der Inhalte der bestehenden Internetseite des Praktikumsamtes keinen Idealzustand dar, sodass von Seiten der Studierenden Verbesserungspotenzial artikuliert wurde. Ebenso waren die Prozesse der Praktikumsanerkennung relativ zeitintensiv – jede Seite des Berichts muss arbeitgeberseitig gestempelt werden, jeder Bericht händisch durch das Praktikumsamt auf Plagiate geprüft werden –, sodass auch hier ausreichend Optimierungspotenzial bestand. Summa summarum ergaben sich also genug Ansatzpunkte, um sich der Thematik im Sinne einer Verbesserung für alle Beteiligten anzunehmen.

Zudem steht die Zielgruppe der studieninteressierten Schülerinnen und Schüler besonders im Fokus des Praktikumsamtes. Daher sollten Inhalte entsprechend aufbereitet und zum Teil neu erstellt werden. Hierbei sollte der – teilweise – gängigen Praxis entgegengewirkt werden, das Grundpraktikum nicht, wie nachdrücklich empfohlen, vor, sondern während des Studiums

zu absolvieren. Interessierte Schülerinnen und Schüler finden nun leichter diese relevanten Informationen und Hinweise und können so geplanter ins Studium starten. Als Nebeneffekt wird erwartet, dass Studienabbrüche aufgrund mangelnder Kenntnisse der Studien- und Arbeitsinhalte bzw. späterer Beschäftigungsmöglichkeiten abnehmen. Studierende sollen wissen, wofür sie bestimmte Inhalte des Studiums später benötigen und was sie letztendlich mit einem Studium des Maschinenbaus, der Logistik oder des Wirtschaftsingenieurwesens erreichen können.

Primäres Ziel von easyInternship Online war es jedoch, den Wissensaustausch und die Vernetzung unter den Studierenden anzuregen und hierfür ein Forum zu installieren. In diesem Zuge sollten auch die beschriebenen ‚Baustellen‘ angegangen und (quasi nebenbei) behoben werden.

### Umsetzung

Ein Wunsch aller Beteiligten, die vollständige Online-Abwicklung, bzw. Digitalisierung des Prozesses der Praktikumsanerkennung, ließ sich aus verschiedenen Gründen (insbesondere Datenschutz und Echtheitsprüfungen) nicht realisieren. Somit müssen zunächst weiterhin alle Seiten des Praktikumsberichts einzeln durch die Betreuenden händisch gestempelt und die Berichte manuell geprüft werden. Allerdings besteht nun die Option, Berichte zusätzlich digital einzureichen, was den Prozess der Anerkennung beschleunigt.

Ebenfalls wurde eine zwischenzeitig geplante Anbindung an das bestehende Notenverwaltungssystem nicht umgesetzt, da sich dies aufgrund bestehender Verwaltungsabläufe (abgesehen von Fragen des Datenschutzes) als ineffizient erwiesen hat. Hier wurde frühzeitig das

Augenmerk auf die Dinge gerichtet, die im Sinne des eigentlichen Vorhabens den größtmöglichen Nutzen für die Studierenden versprochen: Informationen von Kommilitoninnen und Kommilitonen zu erhalten, die tatsächlich weiterhelfen. Dies hat sich bewährt.

Das realisierte System umfasst neben dem für Studierende vorbehaltenen internen Bereich, der vollständig überarbeitet und neu strukturiert wurde, einen neuen öffentlich zugänglichen Bereich, dessen Inhalte sich explizit an Schülerinnen und Schüler richten. Der interne Bereich ist per Uni-Login zugänglich, so dass sichergestellt ist, dass nur Angehörige der Universität (und keine Unternehmensvertreterinnen und -vertreter) Zugang haben. Hier befindet sich ein Forum, das den Austausch der Studierenden ermöglicht und durch das Praktikumsamt moderiert und mit Inhalten gefüllt wird. Angestellte des Praktikumsamtes stellen etwa beispielhafte, gute Praktikumsberichte von Studierenden ein, die dabei helfen sollen, bestehende Unsicherheiten über das Erstellen der Berichte deutlich zu reduzieren. So steigert sich die Qualität der eingereichten Berichte und folglich die Bearbeitungsdauer durch das Praktikumsamt merklich.

Ein ähnlicher Effekt entsteht durch das Feedback, das Studierende zu ihren Berichten durch andere Studierende (höherer Semester) einholen können, bevor sie ihre Berichte einreichen und gegebenenfalls zur Überarbeitung nach einer in der Regel mehrwöchigen Prüfungsphase zurückbekommen. Dieser ‚Zeitverlust‘ in Form von Wartezeit und späterer Überarbeitung kann nun abgebaut werden, wenn das Forum aktiv genutzt wird.

Ebenso können Studierende die ‚Gefahr‘ eines unbefriedigenden Praktikumsplatzes reduzieren, indem sie zuvor von Mitstudierenden Erfahrungen einholen oder

direkt Unternehmen kontaktieren, die als gute Praktikumsgeber aufgefallen sind. In diesem Kontext soll über den Zeitverlauf auch eine ‚Blacklist‘ mit Unternehmen wachsen, die sich selbst als adäquate Praktikumsgeber disqualifiziert haben.

Ein Feedback-Formular, das es ermöglicht, das Praktikumsamt unmittelbar über Verbesserungsmöglichkeiten, fehlende Informationen oder Ähnliches zu informieren, ist ebenfalls fester Bestandteil der Plattform geworden. Hierbei können sich die Besucherinnen und Besucher, egal, ob es sich um Schülerinnen und Schüler oder Studierende handelt, gleichermaßen artikulieren.

Die bis hierher beschriebenen Vorhaben und Änderungen verfolgten noch ein weiteres Ziel: Abläufe zu optimieren und dadurch den Arbeitsaufwand des Praktikumsamtes zu reduzieren. Mit der teilweisen ‚Auslagerung‘ der Informationsweitergabe ist dies auch gelungen. Allerdings ist die Einführung einer ‚neuen‘ Technik – gemeint ist das Forum und insbesondere seine Moderation – auch mit einem mehr oder minder zeitintensiven Einarbeitungsaufwand verbunden. Ist die Einarbeitung jedoch erfolgt und das Forum in die alltäglichen Abläufe des Praktikumsamtes integriert, so wird langfristig die gewünschte Verbesserung eintreten.

## **Nachhaltigkeit und Ausblick**

Darüber hinaus bestehen zahlreiche Weiterentwicklungsmöglichkeiten für die Plattform. Seien es die beschriebenen, im Rahmen der Projektlaufzeit nicht realisierten Verbesserungen oder völlig neue Ideen, die durch die Nutzerinnen und Nutzer an das Praktikumsamt herangetragen werden. Die angewandte Technik basiert auf Typo3, einem sehr nutzerfreundlichen Redaktions-Tool, das zum einen sehr gut zu bedienen ist,

zum anderen vielfach erweitert werden kann. Das zum Projektende eingeholte, abschließende Feedback zu der neu strukturierten Seite des Praktikumsamtes ist beispielsweise ein fertiges Template, was sich sehr einfach einbinden ließ und in das sich auf einfache Weise Rohdaten exportieren ließen.

Für dieses abschließende Feedback wurde ein eigens entworfener Fragebogen unmittelbar in die Plattform eingebunden, um ein Feedback aller Besucherinnen und Besuchern der Seite einzuholen. Dies geschah im öffentlichen Bereich der Plattform, also nicht im Forum, zu dem eine Uni-Kennung zum Login notwendig ist. Somit konnten auch Meinungen von Personen abgefragt werden, die aus Informationszwecken die Seite besuchten, etwa Schülerinnen und Schüler. Die große Mehrheit derjenigen, die die Homepage des Praktikumsamtes bereits vorher kannten, sah eine Verbesserung im Vergleich zur vorherigen Website. Insbesondere die Übersichtlichkeit und die neu erarbeitete Strukturierung der Inhalte wurden deutlich positiv hervorgehoben. Leider hatten zum Zeitpunkt der Erhebung nur wenige das Forum aktiv genutzt, sodass hierzu keine Aussagen getroffen werden können.

Allerdings kamen durch die Nutzerinnen und Nutzer viele weitere Verbesserungsvorschläge, die schrittweise durch das Praktikumsamt, das die Plattform nun selbstständig betreut, umgesetzt werden. Da die Plattform von vornherein als Erneuerung bzw. Erweiterung der bestehenden Informationsseite des Praktikumsamtes gedacht und entwickelt wurde, stand die entsprechende Weiterführung zu keinem Zeitpunkt in Frage. Da das Gesamtvorhaben zudem in Kooperation mit dem Praktikumsamt selbst erfolgte, konnte auf die Bedürfnisse und bestehenden Abläufe mit eingegangen werden. Dies spielt insbesondere für die spätere Akzeptanz der Sei-

te sowie die Benutzerführung und -freundlichkeit eine entscheidende Rolle. Das eingesetzte Typo3-System ermöglichte zudem eine einfache Anbindung an das bereits eingesetzte System Fiona. So konnte das Layout (im Gegensatz zur vorherigen Seite des Praktikumsamtes) problemlos an das Corporate Design der Fakultät angepasst werden und ergibt nun ein harmonisches Gesamtbild.

### Ergebnis

Studierende des Maschinenbaus und interessierte Schülerinnen und Schüler haben durch das Projekt easyInternship Online nicht nur eine völlig neue und übersichtlichere Anlaufstelle für Informationen rund um das Praktikum, sondern auch die Möglichkeit zum direkten Austausch und der Wissensweitergabe. Darüber hinaus besteht durch die Möglichkeit unmittelbar Feedback zu geben ein langfristig angelegtes Optimierungspotenzial.

Da das System erst mit und durch den Einsatz der Studierenden wächst und sich entwickelt, kann an dieser

Stelle nur eine Prognose über den Umfang der zukünftigen Nutzung und die weitere Entwicklung getroffen werden. Allerdings lassen die ersten, durch Studierende eingestellten Inhalte und Fragen sowie deren Beantwortung durch selbige positiv in die Zukunft blicken. Ob es zu einer festen Etablierung des Forums kommen wird, muss sich erst noch zeigen. Dies hängt in erster Linie von der Qualität der Antworten und der sorgsamem Moderation des Forums ab. Nicht alle kritischen Beiträge sollten gelöscht, aber entsprechend kommentiert bzw. kontextualisiert werden. Diese Aufgabe obliegt dem Praktikumsamt, das hier in bisher unbekanntes Terrain vorstößt. Hierbei stehen die Entwickler der Seite beratend und unterstützend zur Seite, um diesen Prozess auch über das Ende der offiziellen Projektlaufzeit hinaus zu begleiten.

Der Grundstein wurde gelegt, alle notwendigen Strukturen geschaffen. Nun liegt es an den Studierenden, es zu nutzen und durch eigene Ideen und Vorschläge weiter an ihre Bedürfnisse anzupassen. Kurzum: Students as participants!

### Autorinnen und Autoren

**Dirk W. Hansmeier** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Fachgebiet Maschinenelemente // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [dirk.hansmeier@tu-dortmund.de](mailto:dirk.hansmeier@tu-dortmund.de)

**Univ.-Prof. Dr. Ing. habil. Bernd Künne** | Lehrstuhlinhaber // Fachgebiet Maschinenelemente // Fakultät Maschinenbau, TU Dortmund // [bernd.kuenne@tu-dortmund.de](mailto:bernd.kuenne@tu-dortmund.de)

## TOP Master

### Kurzbeschreibung des Projektes

Im Rahmen des Projektes TOP Master wird ein Konzept entwickelt, um für Bachelor und Master-Studierende – für die Durchführung ihrer Abschlussarbeit – ein Coaching-Konzept anzubieten. Neben der Verfassung strukturierter Lehr-Lernmaterialien für Dozent/inn/en und Studierende wird ein Kurskonzept sowohl inhaltlich als auch didaktisch entwickelt und mit Studierenden in der aktuellen Studienphase gemeinschaftlich ausprobiert. Studierende lernen für ihre Abschlussarbeiten die experimentelle Arbeit zeitlich zu planen, inhaltlich zu strukturieren und Grundzüge des wissenschaftlichen Arbeitens.

Der Grund, warum das Projekt durchgeführt werden sollte, liegt in einer signifikanten Anzahl an Studierenden, die die Befähigung zur wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen der angebotenen Bachelor- und Masterstudiengänge nicht ideal erworben haben. Dieses Defizit zeigt sich in der Qualität praktischer experimenteller Abschlussarbeiten, die ergebnisoffen geplant und durchgeführt werden müssen. Um hier Fehler und Demotivation zu minimieren und gute wissenschaftliche Praxis am eigenen Handeln zu erlernen, wurde dieses Projekt beantragt und durchgeführt.

Die Projektziele liegen im studentischen Erwerb von Kompetenzen zur selbständigen Bearbeitung einer experimentellen Bachelor- oder Masterarbeit im ingenieurwissenschaftlichen Gebiet. Insbesondere soll erlernt werden:

- die weitgehend selbstständige Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten,
- die Organisation und Durchführung von Seminaren und Meetings durch Bachelor- und Master-Studierenden ohne Dozenten zur barrierefreien Diskussion von eigenen Ergebnissen und Erfahrungen,
- der Erwerb erweiterter Lehr- und Führungskompetenz bei Master-Studierenden,
- die Fähigkeit zu guter wissenschaftlicher Praxis durch Selbstreflexion.

### Ergebnisse und kritische Bewertung:

*Was konnte tatsächlich umgesetzt werden?*

Die in dem Projektantrag gemachten Angaben zu den umzusetzenden Tätigkeiten konnten alle formal umgesetzt werden. Inhaltlich waren nicht alle gewünschten Konzepte umsetzbar, da zum einen mit einer inhomogenen Gruppe gearbeitet wurde (Chemiker/innen, Chemische Biolog/inn/en, Ingenieur/inn/e/n), zum anderen projektzentrierte Fragen durch praktische Fragen der Selbstorganisation und Fokussierung auf Probleme der Personen (z.B. Rückschläge in der eigenen Arbeit, Fragen zur universitären Infrastruktur, Basisinformationen zur guten wissenschaftlichen Praxis, die z.T. schon vorausgesetzt wurden) die eigentlichen Anliegen in den Hintergrund drängten.

### *Wie wird der Erfolg des Projektes eingeschätzt?*

Aus Sicht der Dozenten und der beteiligten Studierenden ist der Erfolg des Projektes gegeben, da erstmals Probleme in dieser subjektiv herausfordernden Studienphase offen angesprochen wurden und gegenseitig Verständnis entwickelt werden konnte. Selbstkritisch ist anzumerken, dass die Umsetzung aller inhaltlichen Projektziele nicht möglich war (siehe oben), aber von allen Beteiligten die erstmalige Durchführung dieses Lehr- und Lern-Konzeptes Bewusstsein für die Notwendigkeit zur Weiterentwicklung und Verstetigung in der Fakultät geprägt hat.

### *Welchen Mehrwert haben die Studierenden durch die Lehrveränderung?*

Studierende haben neben ihren wissenschaftlichen auch verstärkt soziale Kompetenzen erworben, um u.a. in kommenden experimentellen Forschungskonzepten sich und andere zu führen. Im Bereich der Wissenschaft sehen wir den Kompetenzerwerb auf den Gebieten

- Reflexion und Selbstreflexion der eigenen geplanten und durchgeführten Arbeiten
- Formale und inhaltliche Fähigkeiten zur Abfassung einer schriftlichen Arbeit und Abschlusspräsentation
- Formale und inhaltliche Fähigkeiten ein peer-review für internationale wissenschaftliche Publikationen durchzuführen
- Gute wissenschaftliche Praxis anwenden zu können
- Im Bereich des sozialen Kompetenzerwerbs sehen wir Fortschritte auf den Gebieten

- Projektmanagement für die eigene Arbeit und im Team
- Konfliktbewältigung in der Gruppe
- Effektive Kommunikation zur Verhandlung eigener Ansprüche und Wünsche gegenüber den Betreuer/innen
- Reflexion des eigenen Führungsstils und dem Erkennen der Führungsstile anderer

### *Was hat sich durch die Lehrveränderung verbessert?*

#### **Für die Studierenden**

Für die Studierenden konnte in diesem Studienabschnitt eine Hilfestellung angeboten werden, die eine strukturierte Bearbeitung der experimentellen Arbeiten und die Abfassung der jeweiligen schriftlichen Abschlussarbeit ermöglichte. Nach unserem Eindruck war dieses Konzept wichtig, um einen Leitfaden als richtungsweisendes Hilfsmittel in einer Studienphase anzubieten, die durch die Studierenden häufig als nicht überschaubar und konfus angesehen wird.

#### **Für die beteiligten Lehrenden**

Durch das Training direkt am Anfang der Abschlussarbeit sowie durch ein engmaschiges Monitoring reduziert sich der Betreuungsaufwand in Bezug auf individuelle Gespräche, die als Thema allgemeine Probleme der Studierenden haben. Allgemeine Probleme und Fragen können direkt in der Gruppe besprochen werden, sodass mehr Zeit für die Aufgabenstellung und für spezifische Probleme der wissenschaftlichen Thematik bleibt. Ferner versprechen sich die Lehrenden von dem Konzept, dass die Bachelorstudierenden das gewonnene

Wissen und die erworbenen Kompetenzen später auch in die Master-Arbeit transferieren können.

### **Für den Studiengang**

Dieses Konzept wurde modellhaft durchgeführt, um gegenüber anderen Lehrstühlen und Arbeitsgruppen die grundsätzliche Durchführbarkeit und verbundene Vorteile in der Betreuung aufzuzeigen. Es ist die Absicht der beiden Antragsteller die Ergebnisse dieses Projektes in der Fakultätskommission Studium und Lehre (LUST) vorzutragen, um zu diskutieren, wie das Projekt als Lehrveranstaltung zu verstetigen ist.

#### *Wo gab es Schwierigkeiten?*

Weder in der technischen Durchführung noch in der inhaltlichen Bearbeitung traten größere Schwierigkeiten auf. Der Umstand, dass ein Dozent in der Vergangenheit bereits Erfahrungen mit einer solchen Konzeption gemacht hat und somit über Vorkenntnisse verfügt, half typische Startprobleme zu vermeiden.

Was soll bzw. muss bei einer Weiterentwicklung des Konzeptes beachtet werden und was sollten Lehrende, die das Konzept adaptieren wollen, wissen/beachten?

Bei den Lehrenden sollte es sich um erfahrene Wissenschaftler/innen handeln, die bereits negative und positive Erfahrungen in der Bearbeitung experimenteller Fragen gemacht haben. Wir sehen es als wichtig an, dass eine Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Arbeiten wie Publikationen, Promotionen und Projektarbeit im Team bereits geführt wurde. Wir würden jungen Kolleg/inn/en nicht empfehlen, selbstständig und eigenverantwortlich dieses Konzept zu übernehmen, sondern es in Begleitung mit einem erfahrenen Kollegen bzw.

einer erfahrenen Kollegin durchzuführen. Sehr empfehlenswert ist es, Dozent/inn/en aus unterschiedlichen Fachgebieten zu gewinnen, so dass eine zu erwartende heterogene Studierendengruppe bedarfsorientiert unterrichtet werden kann (siehe auch nächste Frage).

#### *Welche Aspekte sind als kritisch zu betrachten?*

Die Umsetzung des Konzeptes ist geprägt durch die Fachkulturen der Naturwissenschaften und der Ingenieurwissenschaften. Neben den Studierenden der Bioingenieurwissenschaften, beteiligten sich Studierende aus den Fächern der Chemischen Biologie, Chemieingenieurwissenschaften und Chemie. Es kam so zu einem Diskurs zwischen anwendungsorientierten und grundlagenorientierten Studierenden. Grundsätzlich ist dieser Umstand positiv und belebte die Seminare. Gleichwohl war es aufgrund der beschränkten Zeit kritisch, da die jeweiligen Seminar- bzw. Tagesziele erreicht werden sollten. Einen Lösungsansatz könnte die Einbindung von Dozent/inn/en aus unterschiedlichen Disziplinen in die Seminare sein.

### **Die Meinung der Studierenden**

Bei dieser Initiative waren acht Bachelor- und Master-Studierende beteiligt, deren Meinungen und Bewertungen in Gesprächen erfasst wurden. Da keine statistische Signifikanz bei einer schriftlichen Evaluierung gegeben ist und auch die bisher genutzten Bögen nicht auf dieses Lehrformat abgestimmt sind, wurde auf die traditionelle Erhebung verzichtet. Bei den Studierenden herrschte eine grundsätzlich positive Meinung in Bezug auf das neue Angebot vor und sie sehen dieses Konzept als hilfreich und nützlich an.

Die aus den Gesprächen protokollierten Meinungen der Studierenden können in Kürze wie folgt zusammengefasst werden:

### **Positive Meinungen:**

- „Endlich ein Leitfaden bzw. eine Anleitung zur strukturierten Arbeit und Abfassung“
- „Macht mir das Leben einfacher, um zum ersten Mal eine wissenschaftliche Arbeit durchzuführen und auf Papier zu bringen.“
- „Viele nützliche Informationen nebenher, die mir aufzeigen, wie Wissenschaft wirklich funktioniert und wie man auf der Meta-Ebene denken sollte.“
- „Hilft sehr gut um seine Arbeit immer wieder zu reflektieren.“

### **Negative Meinungen:**

- „Brauche ich nicht, da mein Betreuer mir so und so immer sagt, was ich wann zu machen habe“
- „Zu viele Informationen, die für Doktorarbeit ok sind, die aber in der Kürze von 6 Monaten eher Informations-Overflow sind“
- „Zu starke Bindung an Vorgaben, ich will freier arbeiten.“

## **Nachhaltigkeit**

Das Konzept bestand in Teilen bereits und wurde am Lehrstuhl Technische Biochemie umgesetzt. Im Rahmen des Konzeptes konnte das vorliegende Lehrmaterial strukturiert und überarbeitet werden, so dass es zum einen für zukünftige Dozent/inn/en einheitlich über beide Lehrstühle zur Verfügung steht und zum anderen

von den Studierenden in der B.Sc. und M.Sc. Studiengängen als Leitfaden genutzt werden kann.

Das Konzept wird in den Betreuungsleitfaden des Lehrstuhls Technische Biochemie aufgenommen. Es erfolgt ein standardisiertes Training der Betreuer/innen und die Durchführung fester Seminartermine, in denen die Betreuung ein fester Bestandteil neben der wissenschaftlichen Arbeit sein wird. Die Teilnahme von Studierenden in der Studienabschlussphase wird verpflichtend gestaltet.

## **Autorinnen und Autoren**

**Univ.-Prof. Dr. Kayser** | Lehrstuhlinhaber // Lehrstuhl Technische Biochemie // Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, TU Dortmund // [oliver.kayser@bci.tu-dortmund.de](mailto:oliver.kayser@bci.tu-dortmund.de)

**Univ.-Prof. Dr. Andreas Schmidt** | Head of Single Cell Laboratory // Lehrstuhl Technische Biochemie // Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, TU Dortmund // [andreas.schmid@bci.tu-dortmund.de](mailto:andreas.schmid@bci.tu-dortmund.de)

---

## **Internationalisierung und virtuelle Lernwelten**

---

# Transnationales kooperatives Lernen für Studierende der Ingenieurwissenschaften mittels Online-Lehrumgebungen zur Ausbildung interkultureller Kompetenz

## Einleitung

Das Berufsbild von Ingenieurinnen und Ingenieuren hat sich im Laufe der letzten Jahre verändert, da heutige Absolventinnen und Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge in ihrem Berufsleben zunehmend an Projekten globaler Dimension teilnehmen. Dabei arbeiten sie mit Kolleginnen und Kollegen aus aller Welt zusammen – häufig ohne sich je persönlich zu begegnen [1]. Die komplexen technologischen und wirtschaftlichen Systeme, in denen die aktuellen Studierenden später arbeiten, haben zumeist globale Auswirkungen und erfordern somit Denk- und Planungsweisen, die über die eigenen Landesgrenzen hinausgehen. Wenn beispielsweise in einem Atomkraftwerk Probleme auftreten, so hat dies weitreichende und internationale Konsequenzen. Diese globalen Auswirkungen nationaler Ereignisse konnten exemplarisch 2011 bei dem von einem Tsunami getroffenen Fukushima-Daiichi Kernkraftwerk in Japan beobachtet werden.

Gemäß dem Technikethiker Ian Graeme Barbour [1] muss aufgrund der zunehmenden Verbreitung technischer Systeme auch der ethische Bezugsrahmen für die Gestaltung dieser technischen Systeme angepasst werden. Nicht nur die technischen, sondern auch die

kulturellen, ökologischen und globalen Konsequenzen müssen zwingend berücksichtigt werden. Die Fähigkeit große und komplexe Systeme sowie deren langfristige Folgen zu analysieren, ist für heutige Ingenieurinnen und Ingenieure deshalb eine Kernkompetenz [2]. Um ein Verständnis für die internationalen Aspekte der Ingenieur Tätigkeit auszubilden und angemessen auf diese Herausforderung reagieren zu können, müssen Studierende wiederum interkulturelle Kompetenzen entwickeln. Dazu gehört beispielsweise auch - und dies war die Arbeitsdefinition für die hier beschriebene Lehrveranstaltung - das effektive Arbeiten in transnationalen Teams und über kulturelle Grenzen hinweg. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Studierenden bereits im Rahmen ihres Studiums die Möglichkeit haben, praxisnahe Erfahrungen im Bereich der internationalen Zusammenarbeit zu sammeln. Die klassischen Möglichkeiten internationaler bzw. auch interkultureller Bildung für Studierende sind das Auslandssemester oder -praktikum, die jeweils häufig einen hohen finanziellen sowie zeitlichen Aufwand bedeuten. Eine alternative Möglichkeit sind hier Online-Lösungen, in welchen internationale Studierende über das Internet an ein und demselben Kurs teilnehmen können, um auf diese Weise von- und miteinander zu lernen.

Die University of Virginia (in Charlottesville, Virginia, USA; kurz UVa) und die TU Dortmund haben im Herbst 2011 erstmals eine transnationale Online-Lehrveranstaltung eingeführt, welche die Rolle der Ingenieurin bzw. des Ingenieurs bei der Entwicklung globaler technischer Systeme zum Inhalt hat. Während der Arbeit an der internationalen Umsetzung achteten die Dozierenden beider Universitäten im Besonderen auf den Einbezug interkultureller Themen sowie auf die logistischen, strukturellen, kulturellen sowie bewertungsmethodischen Besonderheiten, die ein solches transnationales Kurskonzept beinhaltet [3],[4],[5]. Im Folgenden werden die Vorgehensweise bei der Gestaltung der Lehrveranstaltung und die Erkenntnisse aus der Einführung im Herbst 2011 und der Wiederholung im Herbst 2012 vorgestellt. Der Kurs war an der UVa im Bereich der Techniksoziologie eingegliedert und in das bestehende Curriculum für Bachelor-Studierende unterschiedlicher Ingenieurwissenschaften eingebunden. An der TU Dortmund wurde der Kurs im freien Wahlbereich für alle Studierenden der ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten angeboten.

## 1. Didaktische Vorüberlegungen und Kursgestaltung

Auf dem Gebiet der akademischen Bildung gibt es verschiedene Vorgehensmodelle für die Gestaltung von Lehrveranstaltungen. Für das hier beschriebene Kurskonzept wurde sich maßgeblich am Instructional Design in Kombination mit dem Constructive Alignment orientiert [6],[7],[8]. Ersteres diente dabei vor allem dazu, die Rahmenbedingungen - wie zum Beispiel institutionelle Anforderungen und Lernbedürfnisse der Lernenden - für den Kurs zu definieren. Mit der Anwendung des Constructive Alignment wurden die drei zentralen Aspekte der Lehrveranstaltungsgestaltung

- die Lehr-Lernziele, die Lehr-Lernaktivität sowie die Prüfung - in den Fokus genommen und aufeinander abgestimmt. Dies bedeutet, dass die Studierenden im Rahmen der Lehr-Lernaktivitäten die Möglichkeit erhalten, eigene Kompetenzen zu entwickeln. Diese werden zuvor als angestrebte Lernergebnisse im Rahmen der Lernziele definiert und operationalisiert. Dementsprechend muss auch die Prüfungsform so angelegt sein, dass die Studierenden genau diese Kompetenzen zeigen können. An dieser Stelle wird auf weitere didaktisch-theoretische Ausführungen und die detaillierte Beschreibung organisatorischer Herausforderungen - wie zum Beispiel unterschiedlicher Semesterpläne, Zeitverschiebung und auch sprachliche Barrieren- für den Kurs verzichtet und auf bereits veröffentlichte Publikationen verwiesen [9],[10]. Anstelle dessen wird im Folgenden die Kursgestaltung vor dem Hintergrund des Constructive Alignment beschrieben.

### 1.1 Lehr-Lernziele

Wie bereits erörtert, ist das Hauptziel dieser Veranstaltung die Ausbildung interkultureller Kompetenz und die Sensibilisierung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure für ihre Rolle in einer globalisierten Welt. Diese allgemeine Zielsetzung konnte durch eine Definition der Lehr-Lernziele in mehrere Teilziele unterteilt werden. Nach der Veranstaltung sollten die Studierenden in der Lage sein,...

...komplexe technische Systeme unter Berücksichtigung technischer, organisationaler und kultureller Aspekte mit Hilfe von konkreten Beispielen zu erläutern,

...eine adäquate Vorgehensweise für die Bewältigung komplexer und globaler Herausforderungen zu entwickeln,

...im Rahmen der Ingenieur Tätigkeit die globale Perspektive zu berücksichtigen und unterschiedliche Perspektiven zu vergleichen sowie abzuwägen,

...effektiv in internationalen Studierenden-Teams zusammenzuarbeiten und die Arbeit in Form von Präsentationen zu dokumentieren,

...im Rahmen der Arbeit in Teams die eigene Meinung darzulegen sowie die Meinung anderer zu respektieren und

...mit Hilfe unterschiedlicher moderner Kommunikationsmöglichkeiten mit ihren Kommilitonen im In- und Ausland zu kommunizieren sowie themengebunden zu kooperieren.

Diese Lehr-Lernziel wurden den Studierenden zu Beginn der Veranstaltung detailliert vorgestellt. Aufbauend darauf wurden dann die korrespondierenden Lehr- und Lernaktivitäten konzipiert. Für die Kommunikation in der Lehrveranstaltung wurde die englische Sprache gewählt.

## 1.2 Lehr-Lernaktivitäten

Bei der Gestaltung der Lehr-Lernaktivitäten mussten die unterschiedlichen Grundkonzeptionen von universitären Lehrveranstaltungen in den USA und in Deutschland berücksichtigt werden. Während es in den USA im Fach der Techniksoziologie üblich ist, zum Thema passende Texte zu Hause vorzubereiten und diese in der Lehrveranstaltung zu diskutieren, ist das häufigste Lehrformat in Deutschland – insbesondere im Bereich der Ingenieurwissenschaften – nach wie vor die klassische Vorlesung, welche ggf. von Übungen und Tutorien begleitet wird [11], [12]. Demzufolge war es erforder-

lich, das Lehrkonzept für diese Lehrveranstaltung anzupassen. Die unterschiedlichen Erwartungen der Studierenden an eine Lehrveranstaltung wurden bei der Gestaltung dieses Kurses dabei einbezogen. Die einzelnen Veranstaltungen bestanden zumeist aus einem Methodenmix mit Vorträgen der Dozierenden, der gemeinsamen Besprechung von Fachliteratur, Diskussionen in der ganzen Gruppe und Diskussionen in Kleingruppen mit anschließender Präsentation der Ergebnisse. Entsprechend er angestrebten Lehr-Lernziele wurden im Verlauf des Kurses auch Unterrichtsaktivitäten umgesetzt, bei denen die Studierenden zuerst in ihrer lokalen Gruppe *eine Analyse soziotechnischer Systeme* durchführen, daraufhin eine *kulturelle Orientierung* vornehmen und letztendlich in länderübergreifenden Teams eine *Fallstudie gemeinsam bearbeiten* sollten (siehe Abbildung 1).

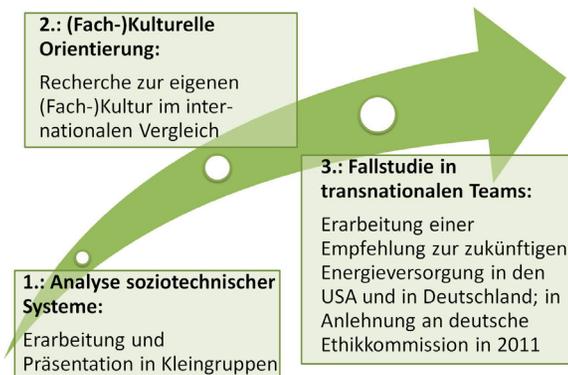


Abbildung 1 Kursverlauf mit zentralen Aktivitäten

*Analyse soziotechnischer Systeme:* Während der ersten Lehreinheiten war es die Aufgabe der Studierenden in einem kleinen Team zusammenzuarbeiten und dabei organisatorische sowie kulturelle Aspekte von soziotechnischen Systemen zu identifizieren sowie die Ein-

flüsse unterschiedlicher Anspruchsgruppen bzw. „relevanter sozialer Gruppen“ auf die untersuchten Systeme zu bestimmen [13]. Dazu mussten die organisatorischen und kulturellen Aspekte dieser Systeme herausgearbeitet werden. Im Anschluss folgte eine Analyse, wie diese die technischen Bestandteile des Systems beeinflusst haben oder durch diese beeinflusst wurden (Idee der wechselseitigen Anpassung aus der soziotechnischen Systemanalyse). Die Studierenden sollten somit bereits frühzeitig die Kompetenz erlangen, technische, organisatorische aber auch kulturelle Aspekte bei Technologiebeispielen zu identifizieren, zu verstehen und in Verbindung zu bringen. Des Weiteren wurden Gruppendiskussionen durchgeführt, um die Inhalte zu vertiefen. In einer dieser Diskussionen wurden beispielsweise die Rolle sozialer Netzwerke im Rahmen des Arabischen Frühlings und die verschiedenen Interessen der zu dieser Zeit beteiligten Anspruchsgruppen behandelt (z.B. protestierende BürgerInnen, RegierungsvertreterInnen oder BetreiberInnen der sozialen Netzwerke). Die Studierenden lasen oder sahen Nachrichtenbeiträge aus unterschiedlichen Ländern und wurden dann in Gruppen eingeteilt, welche jeweils die verschiedenen Anspruchsgruppen in der Debatte repräsentieren sollten. Hier wurden bereits deutsch-amerikanische Kleingruppen gebildet, um die Studierenden an die Zusammenarbeit sowie die englischsprachige Kommunikation heranzuführen.

*Kulturelle Orientierung:* Der zweite Veranstaltungsblock befasste sich inhaltlich mit der Orientierung der Studierenden in ihrer eigenen und der jeweils anderen (Fach-)Kultur. Dazu recherchierten und erstellten sie Präsentationen über das Land, die Stadt, den regionalen wirtschaftlichen Hintergrund und die Universität der jeweils anderen teilnehmenden Gruppe. Die amerikanischen Studierenden sollten beispielsweise die industrielle Geschichte des Ruhrgebiets betrachten und mit

der wirtschaftlichen Situation in Virginia in Beziehung bringen. Dies wurde ergänzt durch Gastvorträge zu der Rolle der Ingenieurinnen und Ingenieure in dem jeweiligen Land. Das Ziel dieses Abschnittes war es, den Studierenden Einblicke in die Kultur und Geschichte des anderen Landes sowie die dortige Rolle der Ingenieurinnen und Ingenieure in der Gesellschaft zu vermitteln und diese mit der eigenen zu vergleichen [14].

*Bearbeitung einer Fallstudie in länderübergreifenden Teams:* Die dritte und komplexeste Lehr-Lernaktivität bestand in einer Fallstudie, welche die Studierenden in länderübergreifenden Teams bearbeiten sollten. Dies erforderte, dass sie noch intensiver über ihre eigene Kulturgrenze hinaus kommunizieren und miteinander interagieren mussten. Mit der damit verbundenen Kompetenzentwicklung zur Zusammenarbeit in internationalen Teams wurde eines der Kernziele des Kurses umgesetzt. Deshalb war es erforderlich, für diese Fallstudie eine Problemstellung zu wählen, die für beide Gruppen von höchster Relevanz ist und die außerdem die globale Bedeutung der Tätigkeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren aufzeigt. Zusätzlich sollte diese Fallstudie eine aktuelle Debatte mit technischem Hintergrund aufgreifen und den Studierenden dabei verdeutlichen, dass die Arbeit der Ingenieurinnen und Ingenieure auf komplexe Weise mit den Interessen anderer Anspruchsgruppen – wie beispielsweise der Politik, Wirtschaftsunternehmen oder anderen gesellschaftlichen Gruppen – verbunden ist. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen wurde die Zukunft der Energieversorgung als hinreichend komplexe und gleichzeitig sehr praxisbezogene Thematik identifiziert. Als konkretes Thema wurde die aktuell – sowohl in den USA als auch in Deutschland – geführte Debatte zur Zukunft der Kernenergie ausgewählt.

Die Fallstudie wurde in der praktischen Umsetzung an die politische Debatte in Deutschland zur Zukunft der Energieversorgung im Jahre 2011 angelehnt. Dementsprechend wurde eine „Ethikkommission für Kernenergie“ mit den Studierenden gegründet. Dadurch konnten sowohl die technologischen Herausforderungen als auch eine Vielzahl von organisatorischen und kulturellen Aspekten der Kernenergie aufgegriffen werden. Für die Fallstudie wurden die Studierenden in eine US-amerikanische sowie eine deutsche Kommission eingeteilt (siehe Abbildung 2). Bei der Aufteilung der Gruppe wurde darauf geachtet, dass sie sich zu gleichen Teilen aus den Studierenden beider Länder zusammensetzten. Innerhalb einer jeden Kommission wurden die Studierenden dann in fünf bis sechs Kleingruppen (auch in diesen Gruppen war immer mindestens eine Studentin oder ein Student aus jedem Land vertreten) aufgeteilt, die jeweils eine Anspruchsgruppe in der Diskussion repräsentierte. Die Mitglieder jeder Kleingruppe mussten gemeinsam die Interessen ihrer Anspruchsgruppe ausarbeiten und darauf aufbauend eine Stellungnahme vor der gesamten Kommission abgeben. Nachdem die Stellungnahmen aller Anspruchsgruppen präsentiert wurden, musste jede Kommission – unter Berücksichtigung der Einzelinteressen – eine gemeinsame Empfehlung zur zukünftigen Energieversorgung für den Ausschuss für Kernenergie des jeweiligen Landes entwickeln.

Diese Übung fand verteilt über vier Veranstaltungseinheiten statt und die Studierenden besaßen zusätzlich die Möglichkeit außerhalb dieser Einheiten in selbstorganisierter Gruppenarbeit an der Fallstudie weiterzuarbeiten. Im Anschluss an die Übung gab es eine Nachbesprechung und für den Durchgang im Jahr 2011 konnte mit Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner der ehemalige Vorsitzende der „realen“ Ethikkommission für eine sichere Energieversorgung als Gastdozent gewonnen werden.

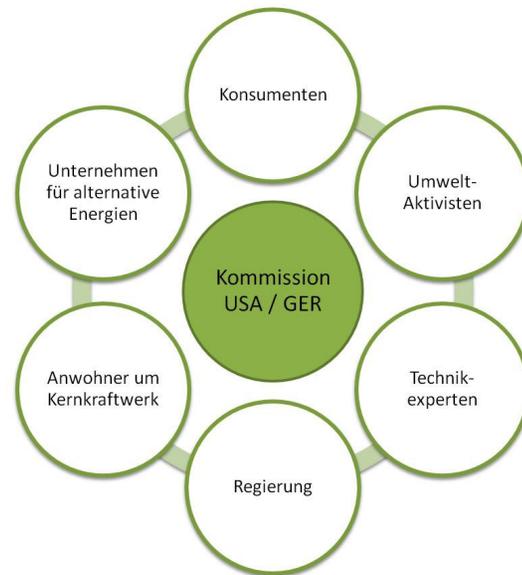


Abbildung 2: Zusammensetzung der Kommission mit unterschiedlichen Anspruchsgruppen

Auf Basis der Erfahrungen in 2011 wurde für den Durchgang im Jahr 2012 die Fallstudie dahingehend erweitert, dass den Studierenden in beiden Kommissionen in Ergänzung zu der auszuarbeitenden Empfehlung ein Areal zugeteilt wurde, für das sie den Energiebedarf der Bevölkerung exemplarisch decken mussten. Diese Erweiterung half ihnen maßgeblich dabei, einen konkreten Anwendungsbezug für ihre Arbeiten herzustellen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mussten dabei realitätsgetreu auf individuelle Eigenarten ihres Areals – beispielsweise bei der Bevölkerungszahl – reagieren.

#### Exkurs zur technischen Umsetzung der Aktivitäten

Die für diesen Kurs ausgewählte Softwareplattform war die Onlineumgebung Blackboard Collaborate. Die-

se kollaborative Softwareumgebung ermöglichte es den Studierenden, sich mit jedem internetfähigen Computer einzuloggen und online an allen Sitzungen per Headset und Webcam teilzunehmen. Das Tool bietet neben der Möglichkeit, Präsentationen mit allen Teilnehmenden zu teilen, auch klassische web-conferencing Anwendungen wie z.B. ein gemeinsam nutzbares Whiteboard, die Möglichkeit zum Desktop-Sharing oder einen Chat-Bereich. Außerdem haben Dozierende die Möglichkeit, die Studierenden gezielt in Kleingruppen aufzuteilen (siehe Abbildung 3). In diesen Kleingruppen haben die Studierenden die Möglichkeit, ungestört von den anderen Gruppen zu diskutieren oder Präsentationen auszuarbeiten. Die Dozierenden können dann von Raum zu Raum wechseln, um sich in die Diskussion einzuschalten. Des Weiteren konnten die gesamten Sitzungen aufgezeichnet werden, so dass die Studierenden sie sich später noch einmal in Ruhe ansehen konnten.

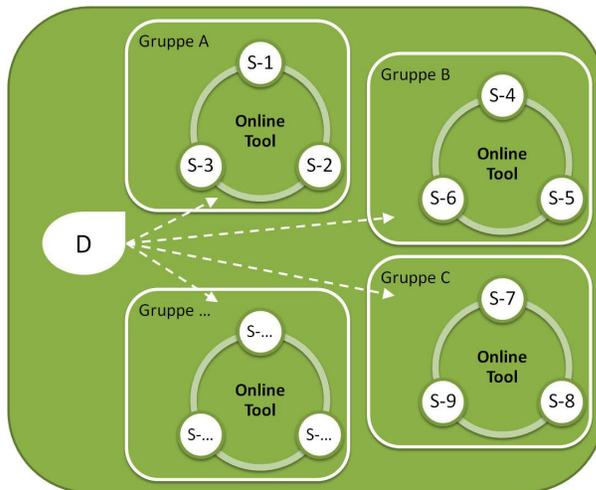


Abbildung 3: Exemplarische Aufteilung der Kursteilnehmer in kleine Diskussionsgruppen

### 1.3 Prüfungsaufgaben

Unterschiedliche Prüfungsaufgaben flossen in die Leistungsbewertung mit ein. Neben einem schriftlichen Test zu konkreten fachlichen Inhalten am Ende der Veranstaltung, wurden von den Studierenden auch thematisch gebundene schriftliche Ausarbeitungen erwartet, in denen sie über den Kursverlauf und ihre eigene Kompetenzentwicklung reflektieren sollten. Zudem wurden auch die allgemeine Beteiligung der Studierenden und vor allem die Performanz im Rahmen der Fallstudie bei der Notenvergabe berücksichtigt. Entsprechend der unterschiedlichen Erwartungen beider Studierendengruppen war auch beim konkreten Umgang mit den Prüfungsleistungen eine Differenzierung zwischen den beiden teilnehmenden Universitäten unabdingbar. Die schriftliche Ausarbeitung und die abschließende Klausur sowie die zugehörigen Bewertungsschemata wurden von den Dozenten beider Länder gemeinsam konzipiert. Die Benotung der einzelnen Prüfungsleistungen geschah jedoch unabhängig voneinander. Ebenso wurde bei der prozentualen Gewichtung der Prüfungsleistungen zwischen den Universitäten differenziert, um die Struktur der Lehrveranstaltung an die unterschiedlichen Erwartungen der Teilnehmenden anzupassen.

### 2. Rückmeldung der Studierenden

Während des Semesters sowie nach Beendigung des Kurses konnten die Studierenden ein Feedback zur generellen Konzeption und praktischen Ausgestaltung dieser Lehrveranstaltung abgeben. Im Allgemeinen fiel das Feedback der Studierenden beider Länder sehr positiv aus. Die Mehrheit der Studierenden stufte die Lehr- und Lernerfahrungen als einzigartig ein und gab an, dass sie diesen Kurs anderen Studierenden weiterempfehlen würden. Für beide Gruppen war es sehr an-

regend mit Studierenden aus einem anderen Land in Kontakt zu treten und mit ihnen über ein solch kontroverses Thema wie die Kernenergie zu debattieren. Einige Studierende brachten ihre Verwunderung darüber zum Ausdruck, dass die Thematik der künftigen Energieversorgung in zwei Industrienationen so unterschiedlich behandelt wird. Dies traf sowohl auf die US-amerikanischen als auch die deutschen Teilnehmenden zu, da Studierende aus beiden Ländern davon überzeugt waren, dass ihr Standpunkt von anderen Ländern geteilt werden würde. Des Weiteren war es interessant zu beobachten, welche Atmosphäre sich im Verlauf der Diskussionen einstellte – alle Studierenden konnten ihre eigene Meinung frei darlegen, unabhängig davon, ob andere Studierende diese teilten. Nach Abschluss des Kurses wurde in Ergänzung dazu eine detaillierte Rückmeldung zu den Lernzielen erhoben. Deshalb wurden die Studierenden aufgefordert, eine kurze Umfrage zu den einzelnen Lernzielen auszufüllen und dabei auch ihren persönlichen Zielerreichungsgrad auf einer fünfstufigen Skala von „sehr viel“ bis „gar nichts“ gelernt zu beurteilen. Dabei ließ sich feststellen, dass die meisten Studierenden das Gefühl hatten, viel oder sehr viel gelernt zu haben. Interessanterweise ließ sich beobachten, dass das Erreichen des Lernziels „Kommunikation in internationalen Teams“ von den deutschen Studierenden positiver eingeschätzt wurde als von den US-amerikanischen. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass die Lehrveranstaltungssprache Englisch war und diese Konfrontation mit einer Fremdsprache zu einem intensiveren Lernprozess bei den deutschen Studierenden geführt hatte.

### 3. Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag schilderte die Vorgehensweise bei der Gestaltung einer Online-Lehrveranstaltung, welche es Studierenden verschiedener Universitäten und Länder

ermöglicht, in Kontakt zu treten und gemeinsam in Projektteams zu arbeiten. Insbesondere für die Studierenden der Ingenieurwissenschaften ist diese Fähigkeit als eine Kernkompetenz anzusehen, da ihre Tätigkeit in Zukunft verstärkt global ausgerichtet sein wird und sie in ihrem Berufsleben in internationalen Teams zusammenarbeiten müssen. Mit dem hier vorgestellten Lehrkonzept erhalten die Studierenden bereits im Rahmen ihrer Ausbildung die Möglichkeit, eine interkulturelle Kompetenz zu entwickeln ohne zwingend im Ausland gewesen sein zu müssen.

Das Feedback der Studierenden fiel durchweg positiv aus, so dass konstatiert werden kann, dass eine solche Lehrveranstaltung ein geeignetes Konzept darstellt, um Studierende verschiedener Länder transnational in Projektteams interagieren zu lassen. Selbstverständlich ermöglicht ein Auslandsaufenthalt eine intensivere kulturelle Erfahrung. Allerdings kann eine internationale Lehrveranstaltung eine größere Anzahl von Studierenden erreichen und ihnen die Gelegenheit bieten, länderübergreifend zusammenzuarbeiten und so eine globale Sichtweise auszubilden.

Forschungsbedarf für zukünftige Durchgänge der Veranstaltung wird vor allem im Bereich der Entwicklung von interkultureller Kompetenz gesehen. Wie eingangs beschrieben, wurde interkulturelle Kompetenz maßgeblich als Fähigkeit verstanden, in transnationalen Teams und über kulturelle Grenzen hinweg effektiv zusammenzuarbeiten. Zukünftig gilt es herauszuarbeiten, welche Rolle interkulturelle Kompetenz ganz konkret im Bereich der Ingenieurwissenschaften spielt. Zudem ist noch nicht abschließend geklärt, wie sich diese Kompetenz zeigt und vor allem wie sie sich verlässlich bewerten lässt. Wie oben bereits erwähnt spielen auch Auslandsaufenthalte in diesem Kontext eine große Rol-

le. Zu untersuchen ist jedoch, wie sie im Verhältnis zu transnationalen Lehrveranstaltungen stehen, da diese als Vorbereitung, Ergänzung oder auch als Substitut für Auslandsaufenthalte gesehen werden können. Fakt ist jedoch, dass sich auch in Zukunft trotz zahlreicher Bemühungen zur Finanzierung nicht alle Studierenden einen Aufenthalt im Ausland finanziell bzw. auch zeitlich leisten können oder wollen. Im Rahmen der Internationalisierung von Universitäten (z.B. im Kontext von internationalen Doppelabschlüssen an unterschiedlichen Hochschulen) könnte einer Online-Lehrveranstaltung

eine entsprechend zentrale Rolle zukommen. Denkbar ist auch die Kombination mit anderen Formaten der virtuellen Lehre. Gerade in der ingenieurbezogenen Ausbildung wird die Entwicklung von über das Internet nutzbaren Laboreinrichtungen (remote laboratories) stark vorangetrieben. Auch hier werden sich zukünftig Möglichkeiten zur Kombination mit Online-Lehrveranstaltungen bieten. So werden aus Einzellösungen, die von unterschiedlichen Seiten vorangetrieben werden, ganzheitliche Konzepte für das Studium der Zukunft.

### Autorinnen und Autoren

**Stephanie L. Moore, Ph.D.** | Director of Engineering Instructional Design Engineering & Society Department // School of Engineering and Applied Sciences, University of Virginia // [slm6un@virginia.edu](mailto:slm6un@virginia.edu)

**Dominik May** | Geschäftsführer TeachING-LearnING.EU - Standort Dortmund // Zentrum für Hochschulbildung, TU Dortmund // [dominik.may@tu-dortmund.de](mailto:dominik.may@tu-dortmund.de)

**Matvej Eggeling** | Studentische Hilfskraft TeachING-LearnING.EU - Standort Dortmund // Zentrum für Hochschulbildung, TU Dortmund // [matvej.eggeling@tu-dortmund.de](mailto:matvej.eggeling@tu-dortmund.de)

### Literaturverzeichnis

- [1] Barbour, Ian Greme, (1992), *Ethics in the age of technology*, HarperOne, New York
- [2] Swearingen J. C., Barnes Spencer, Coe Steven, Reinhardt Carsten und Subramanian K. (2002), Globalization and the undergraduate manufacturing engineering curriculum, *Journal of Engineering Education*, Aug. 91, Nr. 2, S. 255-261
- [3] Augusti Giuliano (2007), Accreditation of engineering programmes: European perspectives and challenges in a global context, *European Journal of Engineering Education*, Aug. 32, Nr. 3, S. 273-283
- [4] Borrego Jesús (2010), Roadmap for a successful transition to an online environment, *Contemporary Issues in Education Research*, Aug. 3, Nr. 5, S. 59-66

- [5] Passino Kevin Michael (2009), Educating the humanitarian engineer, *Science & Engineering Ethics*, Aug. 15, Nr. 4, S. 577-600
- [6] Gustafson, Kent L. und Branch, Robert Maribe, (2002), Survey of instructional development models, ERIC Clearinghouse on Information & Technology, Syracuse
- [7] Morrison Gary, Ross Steven M. und Kemp Jerold E., (2006), Designing effective instruction, Wiley, New York
- [8] Biggs John und Tang Catherine, (2007), Teaching for quality learning at university. What the student does, McGraw-Hill, Maidenhead, S. 50 ff.
- [9] Moore, St., D. May, K. Wold (2012), "Developing Cultural Competency in Engineering through Transnational Distance Learning" in R. Hogan (ed.); 'Transnational Distance Learning and Building New Markets for Universities'; IGI Global; Hershey (PA/USA); S. 210-228
- [10] Moore, St., D. May (2012); "Transnational Collaborative Learning for Engineering Students through Active Online Environments Developing "global perspective" for US and German students"; in proceedings of 'ICL 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning and 41st International Conference on Engineering Pedagogy'; Villach (Austria); 26.-28.09.2012; ISBN:978-1-4673-2426-7
- [11] Dumman, Kathrin (2007), Einsteigerhandbuch Hochschullehre: Aus der Praxis für die Praxis, WBG, Darmstadt
- [12] Szczyrba, Birgit, (2006), Neues Handbuch der Hochschullehre, Berendt Brigitte, Wildt Johannes und Szczyrba Birgit, Raabe Verlag, Berline
- [13] Pinch Trevor und Bijker Wiebe E. (1987), The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology, Bijker Wiebe E., Hughes Thomas P. und Pinch Trevor, The MIT Press, Cambridge, S. 17 - 50
- [14] Downey Gary Lee und Lucena Juan C. (2005), National identities in multinational worlds: Engineers and "engineering cultures", International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, Aug. 15, Nr.3-6, S. 252-260

---

# iPodia – innovative, international, interactive higher education

## 1. Vision

„Learning together today for a better world tomorrow!“

Internationale Zusammenarbeit ist die neue Herausforderung der Lehre des 21. Jahrhunderts. Die Anforderungen an die moderne Lehre haben sich von der reinen Vermittlung von Inhalten zum Aufbau interkultureller Verständigung weiterentwickelt. iPodia soll es Studierenden ermöglichen, über universitäre und geographische Grenzen hinweg mit Studierenden aus aller Welt zu lernen und zu kommunizieren.

Was man lernt, hängt davon ab, mit wem man lernt. Daher birgt diese neue Art des grenzenlosen Lernens enorme Chancen. Klassenräume werden zu globalen Lerneinheiten, Lerneinheiten werden zu interkulturellen Austauschmöglichkeiten und interkulturelle Gemeinschaft führt zu individuellem Verständnis von Lerninhalten und gemeinsamer Verständigung der Kulturen. Wenn Grenzen zwischen Klassenräumen eliminiert werden, wird interkulturelle Verständigung zum Fundament globaler Innovation. [1]

## 2. Das Programm

Das iPodia-Programm - initiiert von der Viterbi School of Engineering der University of Southern California - setzt sich zum Ziel, eine globale und integrative Lernumgebung zwischen verschiedenen universitären

Partnern zu schaffen, in dem qualitativ hochwertige Kursinhalte und Ressourcen geteilt werden können, so dass Studierende der teilnehmenden Universitäten von und miteinander über physikalische und institutionelle Grenzen hinweg lernen können.

Das globale Lernnetzwerk iPodia Alliance, in dem alle teilnehmenden Institutionen vereint sind, hat Kursinhalte mit Fokus auf sozio-technische Fragestellungen zusammengetragen, die den globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts gerecht werden.

Bei der Entwicklung dieser Lerninhalte lag das besondere Augenmerk auf den folgenden drei zentralen Merkmalen: [2]

- Die studierendenzentrierte Lehre löst das traditionelle Modell des lehrendenzentrierten Lehrens ab. iPodia, wo das „i“ für „innovative“ steht, nutzt das studierendenzentrierte Modell, um unmittelbares Lernen zwischen den Studierenden zu ermöglichen. Anders als der lehrendenzentrierte Ansatz bezieht iPodia alle Studierenden mit ein, indem diese in Diskussionen, Case Studies und Projektarbeiten direkt mit ihren Kommilitonen und Kommilitoninnen interagieren.
- iPodia, wo das „i“ für „international“ steht, erweitert die Idee des interdisziplinären Lernens um die Komponente des Interkulturellen. Die Studierenden erarbeiten gemeinsam sozio-technische

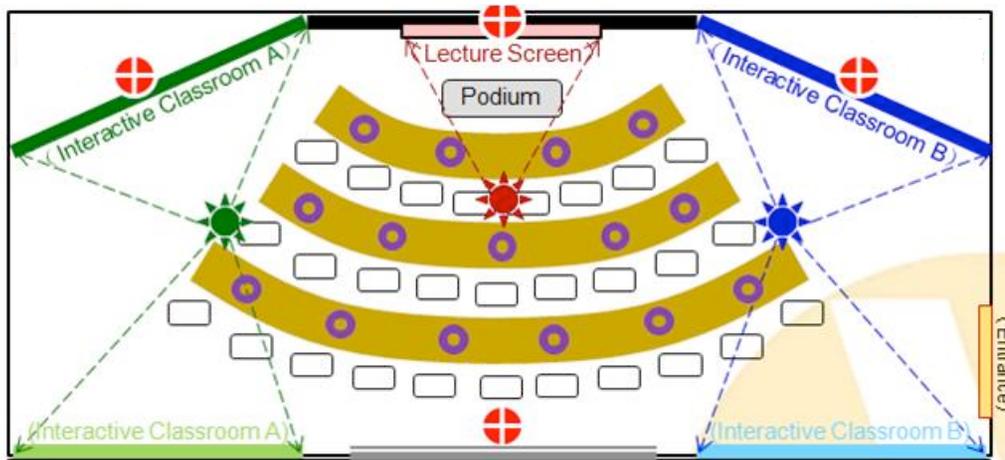


Abbildung 1: iPodia Klassenraum

Inhalte und Fragestellungen in einem interkulturellen Team. Dies hilft ihnen dabei zu verstehen, wie man aus kulturellen Differenzen Vorteile für verschiedene Bereiche, wie beispielsweise die globale Innovationskraft zieht. Dabei werden die besonderen Ergebnisse, die aufgrund der interkulturellen Zusammenarbeit entstanden sind, von den Studierenden abschließend reflektiert und damit der Horizont und das „global thinking“ nachhaltig geschärft.

iPodia, wo das „i“ für „interactive“ steht, schafft eine „no-distance“-Lernumgebung, in der die Studierenden dank moderner Technik in den verschiedenen iPodia-Klassenräumen (siehe Abbildung 1) synchronisiert am interaktiven Lernen und an Gruppendiskussionen teilnehmen. Zusätzlich werden eLearning Systeme und soziale Netzwerke zur Unterstützung des „no-distance“-Paradigmas eingesetzt.

In Abbildung 1 ist der technologische Aufbau eines iPodia-Klassenraumes dargestellt. Die Studierenden haben Blick auf den Lehrenden am Podium, den Lecture Screen auf dem die entsprechende Präsentation gezeigt wird sowie auf die Aufnahmen der anderen beiden Klassenräume der anderen Universitäten. Durch die Darstellung der übrigen Klassenräume auf der Rückwand ist auch der Professor bzw. die Professorin in der Lage alle Studierenden an den Universitäten zu sehen und damit das gesamte Plenum im Blick zu haben. Das Akustiksystem sorgt dafür, dass die Studierenden aller Klassenräume und der Lehrende untereinander kommunizieren können.

### 3. Aktueller Status

Die Entwicklung von iPodia startete im Jahr 2009 als experimentelles Projekt, ausgeführt von Professor Stephen Lu, Direktor der Viterbi School of Engineering an der University of Southern California. In den

letzten drei Jahren wurden Kurse zum Thema „Global Innovation“ zusammen mit der Peking University und National Taiwan University angeboten. Die Beurteilung durch die partizipierenden Studierenden fiel durchweg positiv aus, sodass entschieden wurde, das iPodia-Programm um mehrere Partner zu erweitern. Heute gehören neben der University of Southern California in Los Angeles, der Peking University und der National Taiwan University in Taipei auch das Korea Institute of Science and Technology in Daejeon, das Israel Institute of Technology in Haifa, das Indian Institute of Technology in Mumbai sowie die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen zur iPodia Alliance. Viele neue iPodia-Kurse werden zurzeit entwickelt. Darunter befinden sich Kurse zu den Themen „new sustainable energy“, „management of engineering teams“ oder „global construction management“. [3]

#### **4. Umsetzung und Implementierung an der RWTH Aachen**

Im April 2013 ist iPodia als von der Hans Hermann Voss Stiftung gefördertes Pilotprojekt an der RWTH Aachen angelaufen. Unter der Leitung von Prof. Günther Schuh, Inhaber des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen und Prof. Frank Piller, Inhaber des Lehrstuhls für Technologie- und Innovationsmanagement der RWTH Aachen, startet ein Kurs zum Thema „Globale Innovationsprozesse“. Der Pilotkurs richtet sich an Bachelorstudierende des Maschinenbaus und wird als Projektarbeit in das Studium integriert. An dem Kurs werden jeweils 12 Studierende der RWTH Aachen, der University of Southern California und der Peking University teilnehmen. Es werden drei gleich große interkulturelle Projektteams gebildet, in denen eine Fallstudie selbstständig bearbeitet werden soll. Der Kurs umfasst eine

Kickoff-Veranstaltung, zwei Vorlesungen, jeweils eine von Prof. Schuh und von Prof. Piller, und eine Review-Veranstaltung, in der die Arbeitsergebnisse der Projektteams präsentiert und diskutiert werden. Neben den Vorlesungen sind Literaturrecherchen durchzuführen und die örtlichen Besonderheiten der Standorte zur Lösung des Cases zu beachten. Der damit verbundene Organisationsaufwand innerhalb des globalen Teams ermöglicht einen besonders starken sozialen Lerneffekt.

Der Arbeitsauftrag der Fallstudie umfasst die Analyse der kulturspezifischen Anforderungen an ein Produkt und die Ermittlung der Präferenzen der Bevölkerung der jeweiligen Heimatländer. Aus diesen Daten sollen dann Handlungsempfehlungen für die Forschung und Entwicklung der jeweiligen Produkte abgeleitet und eine Standortstruktur erarbeitet werden. Hier erhält jedes globale Team ein eigenes Produkt zur Analyse. Da die Diversität der Anforderungen an ein Produkt stark von der Art und Komplexität des Produktes abhängig ist, werden die Studierenden zu durchaus unterschiedlichen Ergebnissen kommen, die in der abschließenden Review-Veranstaltung diskutiert werden. Im Wintersemester 13/14 soll der Kurs zu einem Wahlpflichtkurs in den Masterstudiengängen Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau weiterentwickelt und so noch stärker in das Studium integriert werden.

#### **5. Anforderungen an die Studierenden, Lernziele und Chancen**

Neben einem ausgeprägten Interesse an kultureller Diversität und Internationalität sind Eigeninitiative, Selbstständigkeit und Teamfähigkeit unerlässlich für die Teilnahme an diesem Kurs. Gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift zählen ebenso zu den Grundvor-

aussetzungen wie die Bereitschaft zum Erfahrungsaustausch mit Studierenden anderer Kulturen und anderer sozialer Hintergründe. Zur Teilnahme am Kurs, bewerben sich die Studierenden mit einem kurzen Motivati-onsschreiben, um ihre Interessen und Hintergründe vorzustellen.

Zu den wichtigsten Lernzielen gehören neben der Erarbeitung der Lerninhalte vor allem die gemeinsame interkulturelle Verständigung, die Entwicklung eines tieferen Verständnisses für und Wertschätzung von kulturellen Unterschieden, die effektive und effi-

ziente Zusammenarbeit über physische, sprachliche, zeitliche und institutionelle Barrieren hinweg. Neben den kulturellen Erfahrungen haben die Studierenden die Möglichkeit einen Einblick in den Themenbereich des globalen Innovationsmanagement zu erhalten und die wichtigsten Aspekte des für alle Tätigkeitsbereiche wichtigen Projektmanagement zu erlernen. iPodia bietet den Studierenden eine einmalige Gelegenheit zur persönlichen Weiterentwicklung, zur Verbesserung ihrer „social“ und „soft skills“ und zum Aufbau eines globalen Netzwerks und ist somit eine Auszeichnung für ihre weitere Karriere als globale Führungskraft. [4]

## Autorinnen und Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Dipl.- Wirt. Ing. Günther Schuh** | Professor und Lehrstuhlinhaber // Lehrstuhl für Produktionssystematik // WZL der RWTH Aachen // G.Schuh@wzl.rwth-aachen.de

**Till Potente** | Oberingenieur der Abteilung Produktionsmanagement // Lehrstuhl für Produktionssystematik // WZL der RWTH Aachen // T.Potente@wzl.rwth-aachen.de

**Rawina Varandani** | Gruppenleiter der Gruppe Globale Produktion // Lehrstuhl für Produktionssystematik // WZL der RWTH Aachen // R.Varandani@wzl.rwth-aachen.de

**Carsten Witthohn** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Lehrstuhl für Produktionssystematik // WZL der RWTH Aachen // c.witthohn@wzl.rwth-aachen.de

## Literaturverzeichnis

- [1] Viterbi School of Engineering, University of Southern California (o, J): iPodia Official Brochure, Los Angeles
- [2] Viterbi School of Engineering, University of Southern California, Los Angeles: <http://ipodia.usc.edu/technology/>
- [3] Viterbi School of Engineering, University of Southern California (o, J): Brief Introduction of iPodia, Los Angeles
- [4] Viterbi School of Engineering, University of Southern California (o, J): Example iPodia Syllabus, Los Angeles

---

# Verbesserung der Lernerfahrung durch die Integration des Virtual Theatres in die Ingenieurausbildung

## Einleitung

Es ist eine anerkannte Tatsache, dass Studierende der Ingenieurwissenschaften praktische Erfahrungen sowie konkrete Bezüge zur beruflichen Praxis benötigen, um ein ganzheitliches Verständnis ihrer Fachdisziplin erlangen zu können. In Grundlagenfächern wie Physik oder Chemie werden praktische Erfahrungen meist experimentell durch Laborarbeit gesammelt. Ein weiterer verbreiteter Ansatz zur Herstellung praktischer Relevanz sind Praktika oder Exkursionen. Aus Sicherheits- und Kostengründen wie auch aufgrund der Komplexität industrieller Produktionsstätten ist es für Studierende jedoch nicht möglich, solche Industrieanlagen frei zu erkunden und dort eigenständig zu experimentieren. Zum einen mit Blick auf die Produktion, da der stetige Produktionsfluss gewährleistet und Maschinen vor Beschädigung geschützt werden müssen. Zum anderen müssen Studierende selbst vor Verletzungen bewahrt werden, die z. B. durch unsachgemäße Maschinenbedienung sowie den Kontakt mit giftigen oder ätzenden Substanzen zustande kommen könnten. Der große Bedarf von Seiten der Studierenden scheidet folglich schnell am Machbaren.

Um die oben genannte Problematik zu umgehen, können Industrieanlagen in virtuellen Umgebungen nachgebaut werden. In Simulationen oder Lernspielen (Serious Games) können die Eigenschaften und Prinzipien einer Industrieanlage mit entsprechenden Kursin-

halten verknüpft und dadurch nachvollziehbar gemacht werden. Ein Nachteil von Simulationen besteht häufig in der Künstlichkeit der Lernerfahrung. Normalerweise interagieren Nutzer/innen mit einer virtuellen Umgebung über einen PC. Am Beispiel der Industrieanlage wird diese auf einem Monitor angezeigt und das Sichtfeld durch eine Tastatur oder eine Maus gesteuert. Interaktionen mit virtuellen Objekten sowie Fortbewegung erfolgen über die gleichen Schnittstellen. Auf diese Weise überträgt der Nutzer oder die Nutzerin den Kontrollmodus des Computers auf die Aktionen seiner grafischen Repräsentation, dem Avatar.

Natürliche Nutzer/innenschnittstellen für Visualisierung, Navigation und Interaktion können eine authentischere Lernerfahrung als am PC ermöglichen und dazu führen, dass Studierende regelrecht in die virtuelle Welt eintauchen können. In diesem Zusammenhang spricht die Fachwelt häufig von Immersion – einem Bewusstseinszustand, auf den später im Rahmen dieses Beitrags noch näher eingegangen wird. Für eine erhöhte Immersion benötigt der Nutzer oder die Nutzerin eine nahtlose 3D-Sicht der virtuellen Umwelt. Diese wird häufig durch Head Mounted Displays (HMDs) realisiert. Für eine natürliche Navigation in der virtuellen Umgebung können omnidirektionale Laufbänder verwendet werden, die eine freie und unbegrenzte Bewegung ermöglichen und die nutzende Person doch an einem physisch klar begrenzten Ort lassen. Durch Datenhandschuhe kann der Nutzer bzw. die Nutzerin intuitiv mit der virtuellen

Umgebung sowie den Objekten, die sich in ihr befinden, interagieren. Die beschriebenen Komponenten – HMD, omnidirektionales Laufband und der Datenhandschuh – sind im so genannten Virtual Theatre integriert [1]. Abbildung 1 zeigt die Nutzung des Virtual Theatres sowie ein exemplarisches Anwendungsszenario für die Lehre in den Ingenieurwissenschaften. Im Folgenden werden die technischen Komponenten des Virtual Theatres näher beschrieben. Anschließend wird der Begriff der Immersion erläutert sowie auf weitere Aspekte eingegangen, die die Wahrnehmung und das Verhalten der nutzenden Personen betreffen. Am Ende des Beitrags werden didaktische Prinzipien vorgestellt, die bei der

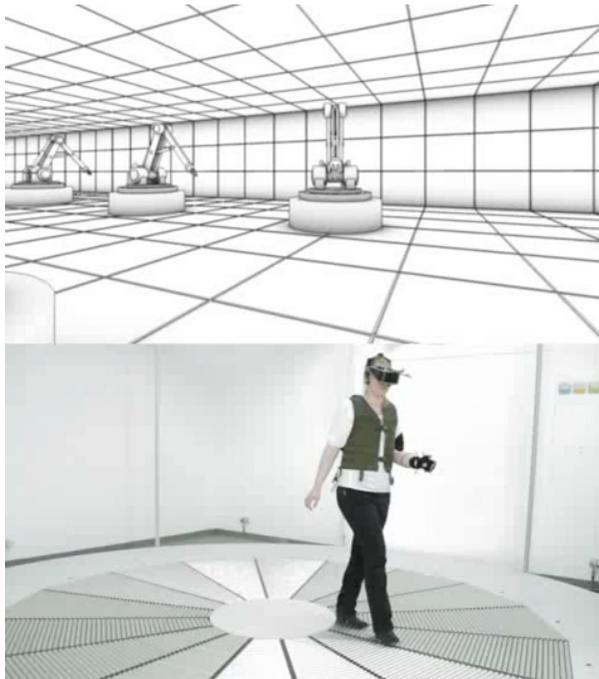


Abbildung 1. Das Virtual Theatre mit Nutzerin und (vereinfachter) virtuellen Umgebung

Entwicklung von Lernszenarien für die Ingenieurausbildung berücksichtigt werden müssen sowie exemplarische Szenarien vorgestellt. Der Beitrag schließt mit einem Ausblick auf weiterführende Forschung am und mit dem Virtual Theatre.

## 1. Technische Beschreibung des Virtual Theatres

### 1.1 Hardware Komponenten

#### 1.1.1 Omnidirektionaler Boden

Der Nutzer oder die Nutzerin des Virtual Theatres kann sich frei bewegen, indem er oder sie einfach die gewünschte Richtung ansteuert. Der omnidirektionale Boden besteht aus 16 trapezförmigen Elementen. Diese sind aus je 16 festen Rollen zusammengesetzt, die nach außen hin breiter werden. Die Elemente haben an der kurzen Grundseite einen gemeinsamen Ursprung und sind im Mittelpunkt über eine unbewegliche Plattform miteinander verbunden. Die Laufrollen werden von unten von einem Riemenantrieb bewegt, um die Abstände zwischen den einzelnen Elementen zu minimieren. Auf der Plattform in der Mitte des Bodens kann sich die nutzende Person bewegen, ohne die Bodenbewegung zu starten. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des omnidirektionalen Bodens als CAD-Modell. Ohne die unbewegliche Mittelplattform würde die Bodenbewegung dazu führen, dass die Füße des Nutzers oder der Nutzerin in der Mitte des Bodens aneinander gezogen werden. Wenn die nutzende Person die Mittelplattform verlässt, rotieren die Rollen der Elemente des Bodens gemäß eines Kontrollalgorithmus automatisch in Gegenrichtung zu der Bewegung des Nutzers bzw. der Nutzerin [2].



Abbildung 2. CAD Modell des omnidirektionalen Bodens

## 1.1.2 Head Mounted Display (HMD)

Das Virtual Theatre ermöglicht der nutzenden Person eine nahtlose 3D-Visualisierung der virtuellen Umgebung. Jede Kopfbewegung wird direkt in der Simulation widergespiegelt, so dass die nutzende Person in seiner oder ihrer Sicht nicht eingeschränkt ist. Das visuelle sowie das auditive Feedback wird über ein zSight HMD realisiert [3], welches ein stereoskopisches 70° Sichtfeld mit SXGA-Auflösung für jedes Auge erstellt. Der Audiosound erfolgt über an der Brille befestigte Kopfhörer, die Lautstärke kann von der nutzenden Person über ein kleines Rad kontrolliert werden. Das HMD wiegt 450 Gramm. Über einen Drehknopf am Ober- sowie am Hinterkopf kann das HMD auf die individuelle Kopfgröße der Nutzer/innen eingestellt werden. Ein kleiner Drehknopf zwischen den Linsen regelt den Augen-Nasen-Abstand. Über kleine Räder unterhalb der Linsen kann die Auflösung der Mini-Displays an die individuelle Sehstärke angepasst werden. Abbildung 3 zeigt das HMD sowie die an ihm befestigten Infrarot-Marker.

## 1.1.3 Datenhandschuh

Handgesten können erkannt werden und die Simulation sowohl manipulieren als auch kontrollieren. Um in der virtuellen Umgebung mit Elementen aus der Umwelt interagieren zu können, erhält die nutzende Person einen Datenhandschuh, der eine Steuerung über natürliche Handbewegungen ermöglicht. Diese werden von 22 Sensoren empfangen, die im Datenhandschuh [4] eingearbeitet sind. Zurzeit ist nur ein Datenhandschuh in das System des Virtual Theatre integriert. Objektmanipulation oder zweihändige Gestenerkennung gestaltet sich derzeit noch als verhältnismäßig zu komplex, wenn man den Entwicklungsaufwand dem Nutzen gegenüberstellt. Dennoch ist die spätere Integration eines zweiten Datenhandschuhs möglich. Abbildung 4 zeigt den Datenhandschuh sowie die Darstellung der Handgesten in einer virtuellen Umgebung.



Abb. 3. HMD mit angefügten Infrarot-Markern



Abb. 4. Datenhandschuh und Darstellung in einer virtuellen Umgebung

### 1.1.4 Tracking-System

Das Virtual Theatre ist mit zehn Infrarotkameras ausgestattet, um die Bewegungen der nutzenden Person zu registrieren. Die Kameras zeichnen die Positionen der Infrarot-Marker auf, die mit dem HMD und dem Datenhandschuh verbunden sind. Die Position des HMD

dient zugleich als Input für die Bewegungssteuerung des omnidirektionalen Bodens. Die nach innen gerichtete Geschwindigkeit der Rollen wird linear mit der Distanz des HMDs zum Zentrum des omnidirektionalen Bodens gesteigert – je weiter der Nutzer oder die Nutzerin vom Zentrum entfernt ist, desto schneller laufen die Rollen. Die Position des HMDs dient zudem der Steuerung der Sicht der nutzenden Person innerhalb der virtuellen Umgebung. Die Position des Datenhandschuhs dient der Repräsentation der Hand innerhalb der virtuellen Szenerie. Außerdem kann über die Position des Handschuhs im Notfall eine Systemabschaltung eingeleitet werden. Sobald die Hand unter eine Grenze von 0,5 Metern bewegt wird, z. B. falls die nutzende Person stürzen sollte, wird jede Bewegung des omnidirektionalen Bodens mit sofortiger Wirkung gestoppt.

### 1.1.5 Integration der verschiedenen Komponenten

Die Systemarchitektur des Virtual Theatres ist in Abbildung 5 dargestellt. Die fixen Komponenten *Trackingsystem* und *omnidirektionaler Boden* kommunizieren mit der Hardware-Steuerung über kabelbasierte Kommunikationskanäle. Um der nutzenden Person uneingeschränkte Bewegung zu ermöglichen, erfolgt jegliche Kommunikation der Hardware, die sich direkt an dem Nutzer oder der Nutzerin befindet, drahtlos (WLAN).

### 1.2 Software Setup

Der Server des Virtual Theatres wird von zwei Computern betrieben, die unterschiedlichen Zwecken dienen. Der Hardware-Control-Server analysiert die Daten der Infrarotkameras und regelt den omnidirektionalen Boden.

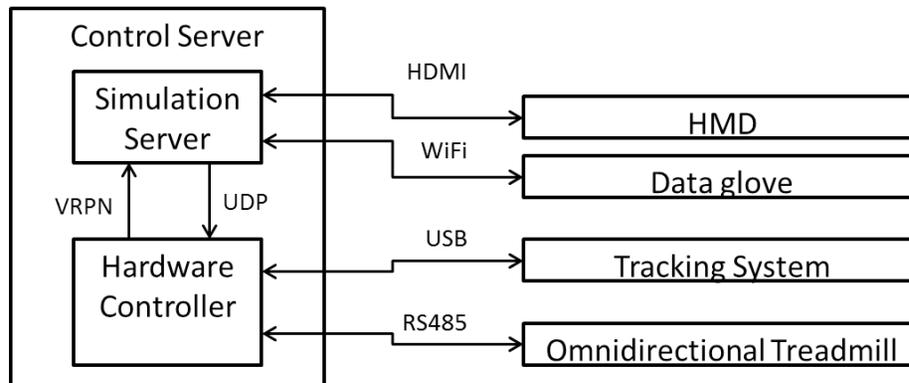


Abbildung 5. Systemarchitektur des Virtual Theatres

Um die Bewegungen der nutzenden Person auszuwerten, werden OptiTrack Tracking Tools [5] verwendet. Die Information über die Position wie auch die Geschwindigkeit des Bodens wird dem Simulationsserver durch vrpn [6] zugesendet. Hierbei handelt es sich um eine gerätunabhängige und netzwerktransparente Schnittstelle zu Virtual Reality Umgebungen. Der Simulationsserver ist für die High Level Steuerung verantwortlich und stellt die virtuelle Umgebung bereit. Hierfür wird der Toolkit Vizard Virtual Reality [7] verwendet. Die 3D-Modelle für virtuelle Umfelder werden mit Blender [8] erstellt und können in Vizard geladen werden.

### 1.3 Einschränkungen

Zurzeit kann sich die nutzende Person frei in der virtuellen Welt bewegen und bekommt Feedback in visueller und auditiver Form. Zusätzliche Simulationskomponenten, wie z.B. Temperaturregler oder Luftströmungen sind generell möglich, jedoch nicht Teil der derzeitigen Szenarien. Die parallele Nutzung durch mehrere Personen ist im Virtual Theatre nicht möglich: Der Boden verfügt nur über einen Motor und die Rollen können

nicht unabhängig voneinander angesprochen werden. Auch wenn theoretisch mehrere Personen mit Infrarot-Markern ausgestattet und vom Tracking-System verfolgt werden können, so können nur die Daten einer Person verwendet werden, um den Motor entsprechend zu regeln.

Beobachtende können die Aktionen der nutzenden Person zwar an Bildschirmen verfolgen, jedoch nicht direkt mit der virtuellen Umwelt interagieren. Kooperative Szenarien, in denen die Beobachtenden die nutzende Person anweisen und in anderer Weise unterstützen oder ihm bzw. ihr sogar mit Hilfe eines klassisch gesteuerten Avatars assistieren, sind prinzipiell möglich. Für den Lehreinsatz ist das Virtual Theatre jedoch nur für kleine Kursgrößen geeignet, was u.a. durch die begrenzte Raumkapazität der Halle bedingt ist, in der sich der Simulator befindet. Dies muss bei der didaktischen Konzeptionierung entsprechender Seminare in den Ingenieurwissenschaften berücksichtigt werden. Die Einzelnutzung ohne den organisatorischen Rahmen eines Kurses ist natürlich auch möglich, jedoch nicht unbedingt kosteneffizient, da aus Sicherheitsgründen

stets ein/e geschulte/r Simulationsleiter/in anwesend sein muss. Eine interessante Forschungsfrage lässt sich aus der Theorie des beobachtenden Lernens von Albert Bandura [9] ableiten. So könnte ein zukünftiger Untersuchungsgegenstand sein, ob Studierende, die nur die Beobachtungsperspektive und nicht die der nutzenden Person einnehmen, ähnliche Lernerfolge verzeichnen können, wie tatsächliche Nutzer/innen.

## 2. Nutzer/innenzentrierte Untersuchungen zu Wahrnehmung und Verhalten

### 2.1 Konzeptioneller Hintergrund von Immersion

Generell dienen natürliche Nutzer/inn/enschnittstellen immer dem Zweck, die Mensch-Computer-Interaktion zu erleichtern, Illusionen zu erzeugen und bestimmte Situationen so realitätsnah wie möglich zu imitieren. Ziel ist es, bei dem Nutzer oder der Nutzerin den Eindruck zu erwecken, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden. Bevor das Virtual Theatre in der Ingenieurausbildung eingesetzt wird, sind wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wahrnehmung der Lernsituation und über den tatsächlichen Lernerfolg notwendig. Deswegen wird die weitere Entwicklung der Hardware und der Lernszenarien von unterschiedlichen psychologischen Studien begleitet. Eine Erklärung der experimentellen Gestaltung dieser Studien erfolgt nach einem näheren Blick auf den Begriff der Immersion, der häufig im Kontext der Realisierung immer realistischer Simulationen verwendet wird.

Bekannte Beispiele realitätsgetreuere Situationsimitationen sind Flug- und Fahrsimulatoren oder Spielkon-

solen im Unterhaltungsbereich. Der Begriff der Immersion wird diesbezüglich als ein objektives, steigerbares Maß benutzt, um zu beschreiben, inwieweit technische Eigenschaften dazu beitragen, die Illusionen zu erschaffen. HMDs gelten generell als gute Voraussetzung für Immersion. Ein HMD mit einer 101° Sicht gewährleistet eine intensivere Immersion als ein HMD mit einer Sichtweite von 100°. Ein Simulator wie das Virtual Theatre, in dem man frei herumlaufen kann, erzeugt folglich eine höhere Immersion, als ein Simulator der dies nicht ermöglicht [10].

In Spieler/innenkreisen wird der Begriff für die Erfahrung verwendet, inwiefern man sich in der Welt des Spiels „verlieren“ kann. Schon eine oberflächliche Durchsicht verschiedener Gaming Foren und Blogs verdeutlicht, dass die Bedeutung von *Immersion* mehrdeutig und facettenreich ist. Die Beschreibungen, die diesen Begriff begleiten, reichen von der Fähigkeit eines Spiels „dich von der realen Welt los zu reißen und dich mit tatsächlichen psychischen Erfahrung zu überschwemmen, voll von emotionaler Aufruhr und Konflikten“ [11] bis hin zu „der Fähigkeit, den Spieler (/ die Spielerin) in andere Elemente als den Charakter und die Geschichte des Spiels miteinzubeziehen“ [12]. Der Begriff Immersion besitzt hier eine positive Konnotation und gilt als Qualitätssiegel für Computerspiele. Bezüglich der Hardware verdeutlicht die Entwicklung immer neuer Schnittstellen im Unterhaltungsbereich, wie der Nintendo Wii oder der Kinect für die Xbox Konsole, den Wunsch nach einer natürlicheren Steuerung. Obwohl sich Hardware-Entwickler/innen und die Gaming Community über die Bedeutung von Immersion weitestgehend einig sind, ist der Begriff noch nicht vollständig definiert worden. Weiterhin wurde noch nicht einheitlich geklärt, was Immersion aus psychologischer Sicht ausmacht und

welche Effekte sie hat, vor allem wenn das Ziel nicht Unterhaltung sondern Lernen ist.

In einer ersten Annäherung kann Immersion als „der subjektive Eindruck, dass jemand eine umfassende und realistische Erfahrung macht“ [13] definiert werden. Die Idee absorbierender und anregender Erfahrungen ist jedoch nicht neu und es existieren darüber hinaus diverse weitere Begriffskonzepte, die der Idee von Immersion ähneln und in Beziehung zu ihr stehen. Involviertheit, räumliche Präsenz und Flow gelten als Schlüsselkonzepte, um immersive Erfahrungen zu erklären, auch wenn die genauen Definitionen und Bedeutungszuschreibungen je nach Autor/in variieren. Involviertheit beschreibt einen psychischen Zustand, der daraus resultiert, dass jemand all seine Energie und Aufmerksamkeit auf ein Set an Reizen, Aktivitäten oder Ereignissen lenkt. Der Grad an Involviertheit hängt dabei auch von der Wichtigkeit ab, die das Individuum diesen Reizen beimisst [14].

Während Flow die Involviertheit in eine Aktivität beschreibt, bezieht sich Präsenz auf die räumliche Sinneswahrnehmung in einer medialisierten Umgebung [15]. Das auf Csikszentmihalyi [16] zurückgehende Konzept des Flows wurde von Rheinberg et al. auf Mensch-Computer-Interaktionen adaptiert. Hier beschreibt Flow das Gefühl vollkommener Konzentration, Kontrolle über die Aktivität, Klarheit über die Arbeitsschritte, flüssiges und automatisches Denken sowie „glatte“, wie von selbst fließende Handlungsabläufe. Des Weiteren meint Flow das Gefühl der kompletten Involviertheit, ein verändertes Zeitgefühl, das Gefühl der optimalen Herausforderung und einer gewissen Geistesabwesenheit, dem sog. „Verschmelzen“ von Selbst und Tätigkeit [17].

Eine Reihe von Studien zeigt, dass persönliche Charakteristika einen Einfluss auf Immersion haben. Weibel et al. [15] belegen, dass die Eigenschaften *Offenheit für neue Erfahrungen*, *Neurotizismus* und *Extraversion* der sogenannten Big Five Persönlichkeitszüge positiv mit Immersion korrelieren. Ein weiterer Persönlichkeitszug der in Verbindung mit dem Ausmaß der persönlichen Erfahrung in einer virtuellen Umgebung (VU) stehen soll, ist die Affinität zur Technik. Da das Virtual Theatre eine neue und innovative technische Entwicklung ist, wird erwartet, dass die Durchführung einer Aufgabe im Virtual Theatre als anregender empfunden wird als z. B. an einem Laptop, vorausgesetzt die nutzende Person weist generell eine Affinität zu Technik auf. Insbesondere bei einem Simulator, der wie das Virtual Theatre freie Bewegung ermöglicht, wird angenommen, dass kognitive Fähigkeiten wie räumliches Vorstellungsvermögen eine Auswirkung auf die individuelle Wahrnehmung oder Lernleistung haben.

Ein vollständiges Verständnis über das Zusammenspiel individueller Voraussetzungen und den Hardware-Charakteristika sowie über ihren Einfluss auf die von einer Person erlebte Immersion ist von großer Wichtigkeit für weitere Forschung am Virtual Theatre. Ein Einblick in die Gestaltung der Studien von menschlichen Erfahrungen und Verhalten erfolgt im nächsten Abschnitt.

## 2.2 Studiendesign

Die Studien zu Wahrnehmung und Verhalten der Nutzer/innen im Virtual Theatre bewerten sowohl die subjektive Erfahrung der Präsenz und des Flows als zentrale Kenngrößen für Immersion, als auch den Lernerfolg. In Anlehnung an Witmer und Singer [14] folgen die Studien dem Ansatz, dass Präsenz- und Flow-Erleben in

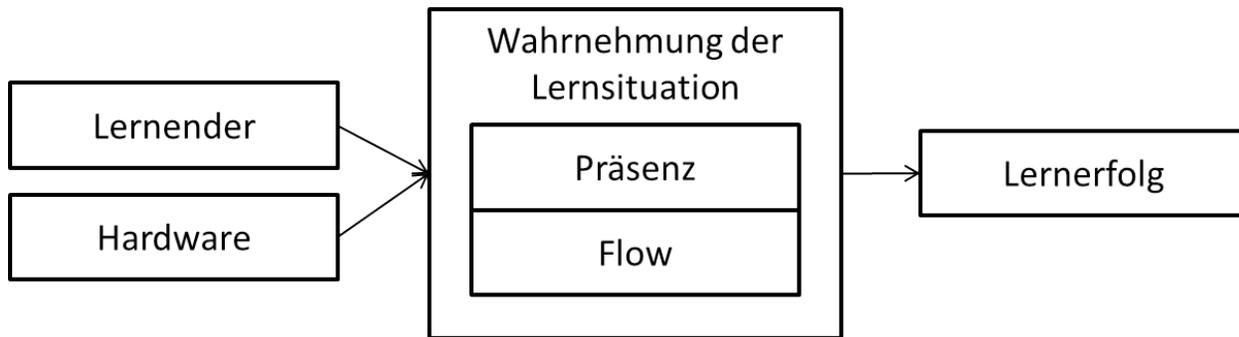


Abbildung 6. Erwarteter Zusammenhang zwischen Lernendem bzw. Lernender, Hardware, Wahrnehmung der Situation und Lernerfolg

einer virtuellen Umgebung in Abhängigkeit individueller Unterschiede, Charakteristika der VU wie auch der Hardware des Simulators variieren. Individuelle Unterschiede, Merkmale und Fähigkeiten können in einer bestimmten VU das erlebte Präsenz- und Flow-Empfinden steigern oder mindern. Ebenso können sich verschiedene Charakteristika einer VU und der Hardware eines Simulators unterstützend oder beeinträchtigend auf die subjektive Erfahrung in einer Lernsituation auswirken.

Eine der wichtigsten Fragen innerhalb eines Bildungskontextes ist, ob die Erfahrung einer VU durch das Virtual Theatre zu einem besseren Lernergebnis führt als dieselbe Erfahrung über einen Laptop oder nur den Gebrauch eines HMDs. Wissensabfrage ist deshalb eine weitere wichtige Komponente des Studiendesigns. Die erwartete Beziehung zwischen Lernendem bzw. Lernender, Hardware sowie Wahrnehmung der Situation und des Lernerfolges ist in Abbildung 6 dargestellt.

Um die Stärke des Effekts jeder Variable zu messen, werden unterschiedliche Studien im Virtual Theatre angesetzt. Eine erste Studie untersucht sowohl die immersive Qualität des Virtual Theatres als auch seine

Möglichkeit zur Steigerung der Lernfähigkeit. Hierfür werden zwei randomisierte Studierendengruppen miteinander verglichen, indem sie in einer Lernsituation unterschiedliche Hardware benutzen. Die Hardware stellt die unabhängige Variable (UV) dar. Die Variable der virtuellen Umgebung und die der Aufgabe bleiben konstant: In einem Labyrinth müssen die Versuchspersonen umherlaufen, Objekte finden und sich deren Positionen merken. Die Experimentalgruppe muss die Aufgabe im Virtual Theatre absolvieren und die Kontrollgruppe löst dieselbe Aufgabe am Laptop. Das Wissensabfrageszenario bleibt wiederum für beide Gruppen gleich. Hierfür müssen die Versuchspersonen an einem Tablet PC die Objekte per Drag and Drop Steuerung an ihre korrekten Positionen auf einer Karte des leeren Labyrinths zuordnen. Der Tablet PC wurde gewählt, damit sich das Medium der Wissensabfrage sowohl für die Experimental- als auch für die Kontrollgruppe hinreichend vom Medium der Aufgabe unterscheidet. Die Genauigkeit der Position der Objekte wird vom Computer automatisch erfasst. Die persönliche Wahrnehmung der Lernsituation wird mit entsprechenden Skalen per Fragebogen gemessen. Dies erfolgt im Paper-Pencil-Verfahren, ebenfalls um

unterschiedliche Medien bei Befragung und Aufgabe zu verwenden.

Eine zweite Studie konzentriert sich im Speziellen auf die immersive Qualität des omnidirektionalen Bodens. Auch in der zweiten Studie müssen die beiden Gruppen dieselbe Aufgabe in der gleichen Umgebung im Virtual Theatre absolvieren. Hierfür müssen sie auf einer italienischen Piazza frei umherblicken. Während sich die Experimentalgruppe aktiv innerhalb des Virtual Theatres bewegt, spricht, laufen muss, gebraucht die Kontrollgruppe lediglich die 3D-Sicht. Das aktive Bewegen stellt in diesem Fall die unabhängige Variable dar. Die Aufgabe ist dabei dieselbe wie in der ersten Studie, und die Studierenden müssen sich Positionen von Objekten auf der Piazza merken. Die Positionen werden wieder auf einem Tablet PC auf einer Karte der Piazza markiert. Gemessen werden erneut die persönliche Wahrnehmung der Lernsituation und die Genauigkeit der Position der Objekte.

Durch eine genaue Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Nutzer/innen, Hardware und Lernerfolg ist es möglich, den Anteil der Immersion festzustellen, der durch die Persönlichkeit beeinflusst wird. Dadurch kann wiederum ein Profil erstellt werden, für welche Studierenden das Virtual Theatre am besten geeignet ist und am effektivsten wirkt. Außerdem können so maßgeschneiderte Lernszenarien für unterschiedliche Nutzerprofile entwickelt werden. Weitere Studien zu Wahrnehmung und Verhalten der Nutzer/innen im Virtual Theatre werden unter Einbeziehung der Szenarien erfolgen, die parallel speziell für die Ingenieurwissenschaften entwickelt werden. Diese Szenarien sowie die dahinter liegenden didaktischen Prinzipien werden im folgenden Kapitel erläutert.

### **3. Anwendung in der Lehre**

#### **3.1 Rahmenbedingungen**

Das Virtual Theatre bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten für verschiedene Anwendungsgebiete, wodurch theoretisches Hintergrundwissen in praktischer Weise umgesetzt werden kann. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine reale Situation zu gefährlich, zu teuer oder generell nicht zugänglich ist. Am Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau wird das Virtual Theatre für die Lehre sowie als ein Teil eines Schüler/innenlabors des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) eingesetzt werden. In der Simulation wird es möglich sein, den Mars Rover Opportunity durch die eigenen Körperbewegungen zu steuern. Ein weiteres Szenario, das sich vorerst noch in der Planung befindet, behandelt Inhalte und Bedienmöglichkeiten eines Atomkraftwerks.

#### **3.2 Didaktische Prinzipien**

Es steht außer Frage, dass der Inhalt gewisser Themen in den Ingenieurwissenschaften nicht einfach anhand von Präsentationen vermittelt werden kann. Um den Lernprozess aktiv zu fördern, werden didaktische Methoden benötigt. So können Studierende beispielsweise theoretisches Wissen in praktischen Situationen wie einer Computer-Simulation mit Hilfe von Pop-Up Fenstern wiederholen. Dies hilft ihnen, das Wissen nachhaltig mit Erfahrungen und Hintergrundgeschichten zu verbinden, anstatt schlichtweg reine Fakten auswendig zu lernen.

Eine andere Methode, die in Verbindung mit dem Virtual Theatre steht, ist das explorative Lernen, wobei Inhalte nicht Stück für Stück wie in Vorlesungen, son-

dern offen und frei zugänglich präsentiert werden. Das Hauptprinzip dieser Methode ist, dass der Lernprozess von den Studierenden selbst kontrolliert wird und so die Möglichkeit gegeben ist, das Interesse und die Neugier der Studierenden zu wecken. Die Studierenden setzen sich entsprechend ihrer Interessen die Lernziele zu einem bestimmten Thema selbst und wählen eigenständig die Operatoren aus, die nötig sind, um das Lernziel zu erreichen. Beim explorativen Lernen erfolgen Lernprozesse dementsprechend nicht linear, sondern durch individuelle Schwerpunktsetzung. Falls der Lernprozess ins Stocken gerät können die Studierenden die vorangegangenen Lernschritte wiederholen und erst dann fortfahren, wenn diese erfolgreich bewältigt wurden. So bleibt jede/r Studierende stets im eigenen, für sich am besten geeigneten Lerntempo. Wird eine neue virtuelle Lernumgebung erstellt, dürfen mögliche Hemmfaktoren nicht unberücksichtigt bleiben. Dies ist auch deswegen notwendig, da jede/r Studierende über ein eigenes mentales Lernkonzept verfügt. Vermunt und Rijswijk [18] haben diese subjektiven Lerntheorien von Studierenden analysiert und drei unterschiedliche Konzepte identifiziert. Das geläufigste Konzept (reproduktives Lernen) beschreibt Lernen als den Prozess der Übertragung von gesprochenem und geschriebenem Wissen ins Gedächtnis. Die zweite subjektive Lerntheorie bezieht sich auf den Gebrauch von Wissen. In diesem Fall ist Lernen ein wichtiger Prozess, um etwas später nachzuvollziehen. Das dritte Konzept, welches eher selten anzutreffen ist, betrachtet Lernen als Notwendigkeit zur selbstgesteuerten Identifikation und Konstruktion von Wissen.

Gesetzt den Fall, dass Studierende Lernen eher als einen Prozess des Nachbildens anstatt einer selbstgesteuerten Konstruktion von Wissen verstehen, wird angenommen, dass gleichzeitig ein großes Bedürfnis nach Instruktion durch Expert/inn/en vorherrscht [19]. Die

Konsequenz, die daraus für das Virtual Theatre entsteht ist, dass Anwendungsszenarien auf unterschiedliche subjektive Lernmodelle anwendbar sein müssen. Das dritte Konzept könnte einfach in die Entwicklung von Szenarien eingebaut werden, indem die Abfrage oder Wiederholung von explizitem Wissen durch Pop-Up Fenster oder eine Begleitstimme aus dem Hintergrund erfolgt.

Computersimulationen bieten im Allgemeinen die Möglichkeit des Perspektivwechsels und ermöglichen Studierenden dadurch den Zugang zu normalerweise unzugänglichen Situationen. In einem zukünftigen Szenario, zum Beispiel dem einer Industrieanlage, könnte der/ die Studierende die Abfertigung eines Produkts in einem Produktionsablauf von Anfang bis Ende verfolgen und so wertvolles Verständnis für die Prinzipien eines solchen Prozesses erlangen. Andere Anwendungsbereiche könnten der Weg einer Container Box in einem logistischen Prozess oder auch die Reise durch den Körper des Menschen aus der Perspektive einer Blutzelle darstellen, ähnlich wie in der TV Serie *Es war einmal...das Leben* [20].

Ein vielversprechender Ansatz, der während eines Workshops mit Studierenden entstanden ist, ist das Game Based Learning (GBL). Computerspielen wird von Studierenden meist als freiwilliger Prozess und nicht als Lernprozess betrachtet, was einen großen Vorteil von GBL darstellt. Nichtsdestotrotz lernen wir durch Spiele mit komplexen Zusammenhängen umzugehen, wie beim Schach [19]. Für das Virtual Theatre gibt es mehrere Möglichkeiten, bereits entwickelte Szenarien in Spiele abzuwandeln. Zuerst kann der oder dem Studierenden eine Mission oder ein Problem aufgetragen werden, das sie bzw. er dann lösen muss. Die oder der Studierende muss versuchen, das Problem oder die Mission

nach eigenem Können und Wissen zu lösen (implizites Wissen). Für den Fall, dass die oder der Studierende nicht weiterkommt, hat sie bzw. er die Möglichkeit in einen Erklärungsmodus zu wechseln, in dem zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt werden. Der Wechsel der Modi kann sich jedoch auch hemmend auf die erlebte Immersion auswirken. Dieser Effekt muss in zukünftigen Studien ebenfalls untersucht werden. Eine zusätzliche Möglichkeit ist es, verschiedene Level in das Spiel oder die VU einzuarbeiten. In einer industriellen Szenerie müssten Studierende zum Beispiel anfangs leichtere Maschinen bedienen, um die grundlegenden Prinzipien zu verstehen um dann an komplexeren Situationen arbeiten zu können, in welchen Geräte defekt sind und repariert werden müssen.

Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll aber verdeutlichen, welch großes Potenzial sich durch das Virtual Theatre für die Lehre in den Ingenieurwissenschaften und der Verbesserung der Lernerfahrung ergibt. Im Folgenden werden zwei sich in der Entwicklung befindende Lernszenarien als Anwendungsbeispiele exemplarisch beschrieben.

### 3.3 Szenario 1: Mars Mission

Beim Marsszenario kann sich die nutzende Person frei auf der Oberfläche des Planeten Mars bewegen. Das Szenario stellt eine Reproduktion der Landebahn des Rover Spirits dar und basiert auf einem Höhenprofil der Landebahn sowie hochauflösenden Fotos der Mars Mission. Innerhalb der Umgebung werden genaue Modelle der verschiedenen Mars Rovers platziert. Abhängig von

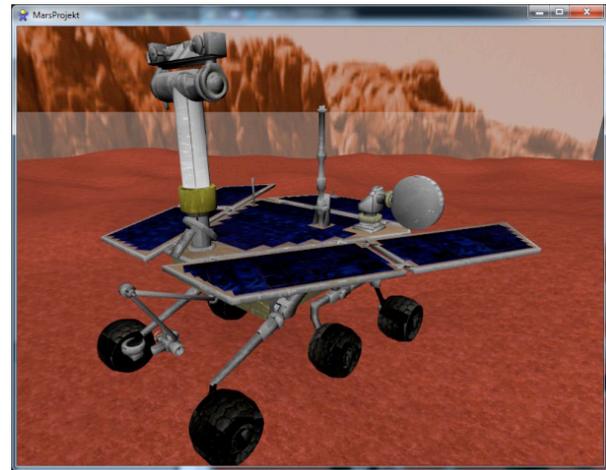


Abbildung 8. Model des Mars Rover Oppurtinity

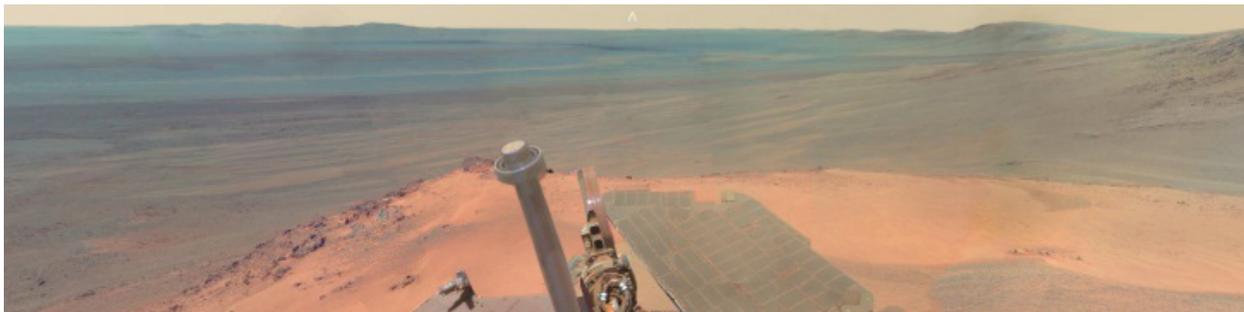


Abbildung 7. Panoramaansicht vom Mars Rover (Eigentum der NASA)

Position und Sicht des Benutzers oder der Benutzerin werden zusätzliche Informationen in Pop-Up Fenstern dargestellt. Abbildung 7 und 8 zeigen Screenshots des Marsszenarios aus Sicht der nutzenden Person sowie aus der Perspektive einer Remote-Steuerung.

### 3.4 Szenario 2: Atomkraftwerk

Das zweite Szenario beinhaltet die Simulation eines Kernkraftwerks. Studierende werden die Möglichkeit bekommen, den inneren Aufbau eines Atomreaktors zu besichtigen und frei in dieser Umgebung zu experimentieren. Naheliegende Interaktionen sind z.B. die direkte Einflussnahme auf Brennstoff und Kontrollstäbe sowie auf die Kühlung. Der Effekt jeder Beeinflussung wird sofort anhand der zugrunde liegenden Gleichungen in der virtuellen Umgebung angezeigt. Zusätzlich verweisen die unterschiedlichen Geräusche des Kontaminations-

messgeräts auf den Anteil der Verstrahlung. Abbildung 9 zeigt einen Screenshot des Szenarios aus Sicht eines Steuerungsraumes sowie zusätzliche Informationsdarstellungen zur Wissensvermittlung bzw. Vertiefung.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurde das Virtual Theatre als ein neues Werkzeug für exploratives Lernen innerhalb virtueller Lernumgebungen vorgestellt. Es wurden die technische Umsetzung und Integration der Hardware sowie der Software beschrieben. Weiterhin wurden erste Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt und der Einfluss einer verstärkten Immersion auf Lernsituationen diskutiert. Zukünftige Lernszenarien werden industrielle Anwendungen, Produktionsanlagen und Raumfahrtszenarien fokussieren. Es wird ebenfalls in Betracht gezogen, das Virtual Theatre mit Remote-Laboren zu verbinden und so die Bewegungen der Nutzer/innen innerhalb der virtuellen Umgebung auf robotische Manipulatoren abzubilden. Erste Anwendungen in diesem Bereich werden auf Testanwendungen für Metallbiegung basieren. Zukünftige psychologische Studien werden unterschiedliche Nutzer/innengruppen miteinander vergleichen. So ist es eine interessante Frage, ob Schüler/innen im Virtual Theatre leichter lernen als Studierende. In enger Zusammenarbeit werden die Erkenntnisse aus den Fachrichtungen der Informatik, der Didaktik, den Ingenieurwissenschaften und der Psychologie dazu führen, das gesamte Potenzial des Virtual Theatres für den Einsatz in der Lehre zu erfassen.

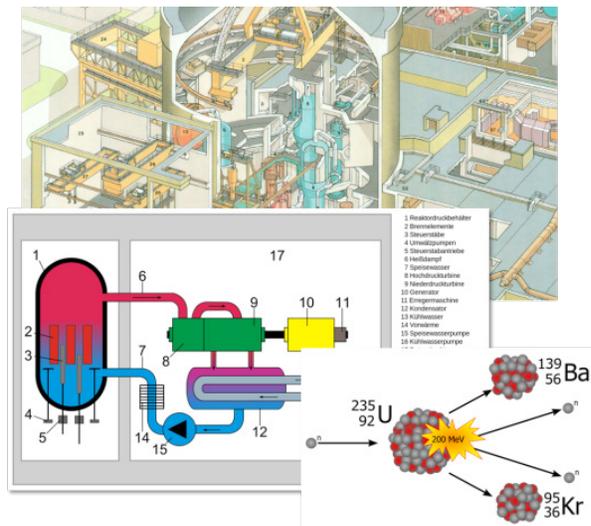


Abbildung 9. Schema eines Atomkraftwerks

## Autorinnen und Autoren

**Katharina Schuster** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Zentrum für Lern- und Wissensmanagement, Institutscluster IMA / ZLW & IfU, RWTH Aachen University // [katharina.schuster@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de](mailto:katharina.schuster@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de)

**Daniel Ewert** | Wissenschaftlicher Mitarbeiter // Lehrstuhl Informationsmanagement im Maschinenbau, Institutscluster IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // [daniel.ewert@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de](mailto:daniel.ewert@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de)

**Daniel Johansson, Ph.D.** | MSE Weibull AB // Älmhult, Schweden // [daniel.johansson@mseab.se](mailto:daniel.johansson@mseab.se)

**Dr. phil. Ursula Bach** | Forschungsgruppenleiterin Didaktik in den MINT-Wissenschaften // Zentrum für Lern- und Wissensmanagement, Institutscluster IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // [ursula.bach@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de](mailto:ursula.bach@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de)

**Dr. rer. nat. René Vossen** | Geschäftsführer // Zentrum für Lern- und Wissensmanagement, Institutscluster IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University // [rene.vossen@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de](mailto:rene.vossen@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de)

**Univ.-Prof. rer. nat. Sabina Jeschke** | Direktorin // Institutscluster IMA/ZLW & IfU // Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau IMA // Zentrum für Lern- und Wissensmanagement ZLW // An-Institut für Unternehmenskybernetik e.V. IfU, RWTH Aachen University // [sabina.jeschke@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de](mailto:sabina.jeschke@ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de)

## Literaturverzeichnis

- [1] MSEAB Weibull (2012): <http://www.mseab.se/The-Virtual-Theatre.htm> (Zugriff am 15.12.1012)
- [2] Johansson, D., de Vin, L.J. (2011) Towards Convergence in a Virtual Environment: Omnidirectional Movement, Physical Feedback, Social Interaction and Vision, *Mechatronic Systems Journal*, November Issue
- [3] Sensics (2012): <http://sensics.com/products/head-mounted-displays/zsight-integrated-sxga-hmd/specifications/> (Zugriff am 15.12.1012)
- [4] Cyberglove Systems: <http://www.cyberglovesystems.com/products/cyberglove-III/specifications> (Zugriff am 15.12.1012)
- [5] OptiTrack: Naturalpoint OptiTrack Tracking Tools, <http://www.naturalpoint.com/optitrack/products/tracking-tools/> (Zugriff am 15.12.1012)

- [6] Taylor, I. Russell MI; Hudson, Thomas C.; Seeger, Adam; Weber, Hans; Juliano, Jeffrey; Helser, Aron T. (2001): VRPN: a device-independent, network-transparent VR peripheral system. In: Pro-ceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology. New York, NY, USA: ACM (VRST '01), S. 55-61.
- [7] WorldViz LLC. Vizard virtual reality toolkit <http://www.worldviz.com/products/vizard/index.html> (Zugriff am 17.12.1012)
- [8] Roosendaal, Ton; Selleri, Stefano (2004): The Official Blender 2.3 Guide: Free 3D Creation Suite for Modeling, Animation, and Rendering. San Francisco, CA, USA: No Starch Press.
- [9] Bandura, A. (1979): Sozial-kognitive Lerntheorie (Orig. 1976). Stuttgart: Klett-Cotta
- [10] Johansson, D. (2012): Convergence in Mixed Reality-Virtuality Environments. Facilitating Natural User Behavior. Doctoral Dissertation, University of Örebro, Sweden
- [11] Jorgensen, Forrest (2012): The Top 10 Most Immersive Games Ever Made. Available at: <http://daxgamer.com/2012/03/top-10-immersive-games/> (Zugriff am 27.11.2012).
- [12] Xav: Comment on “The Top 10 Most Immersive Games Ever Made”. Available at: <http://daxgamer.com/2012/03/top-10-immersive-games/> (Zugriff am 27.11.2012).
- [13] Dede, C. (2009): Immersive Interfaces for Engagement and Learning. Science 2 January 2009
- [14] Witmer, B.G.; Singer, M.J. (1998): Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 7, Nr. 3, S. 225 – 240
- [15] Weibel, D. and Wissmath, B., Immersion in Computer Games: The Role of Spatial Presence and Flow, International Journal of Computer Games Technology, vol. 2011, Article ID 282345, 14 pages, 2011. doi:10.1155/2011/282345
- [16] Csikszentmihalyi, M. (1975): Beyond boredom and anxiety. San Francisco: Jossey-Bass
- [17] Rheinberg, F. (2004): Intrinsische Motivation. Universität Potsdam
- [18] Vermunt, J.D.H.M.; van Rijkswijk, F.A.W.M. (1988): Analysis and development of students' skills in self-regulated learning. Higher Education, 17, 647 – 682

- [19] Kerres, M. (2012): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. München: Oldenbourg
- [20] <http://www.youtube.com/watch?v=2B-RNnfCmps> „Es war einmal das Leben...Das Blut (Teil 1 von 3) Youtube (Zugriff am 12.01.2013)

# RUB-Ingenieurwissenschaften expandieren in die virtuelle Lernwelt

Die Gestaltung des akademischen Lehrens und Lernens wird unter anderem durch die Etablierung neuer Medien und Technologien beeinflusst. Ein Ziel des Medieneinsatzes ist die Individualisierung von Lernprozessen. Jede und jeder Studierende soll selbst aktiv werden, um sich „eigenes Wissen“ aufzubauen und zu verankern. Eine Möglichkeit dies künftig stärker zu fördern ist die Verwendung mobiler Endgeräte zum Wissenserwerb. Besonders förderlich hierfür ist der engere Bezug oder auch Zugriff junger Studierender zu neuen Technologien, der in Untersuchungen zu medialen Nutzungsgewohnheiten vielfach herausgestellt wird [1].

Eine Herausforderung für den Lehr- und Lernalltag von Dozierenden und Studierenden stellt der doppelte Abiturjahrgang dar, der im Wintersemester 2013/14 das Studium in Nordrhein-Westfalen aufnimmt. Bis zum Jahreswechsel 2014/15 richtet die Ruhr-Universität Bochum (RUB) deshalb insgesamt 4.500 zusätzliche Studienplätze ein. Diese werden an zehn Fakultäten in zwölf Studiengängen bereitgestellt, wozu auch die Ingenieurwissenschaften zählen. Zwei der drei ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften sowie Maschinenbau, stocken das Lehrangebot in drei 1-Fach-B.Sc.-Studiengängen auf und bieten damit einen großen Teil der vereinbarten zusätzlichen Studienplätze an [2].

## Ausschreibung zur Ausstattung virtueller und ferngesteuerter Labore

Die Verbundinitiative ELLI [3] - Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften - fokussiert in den Kernbereichen „Virtuelle Lernwelten“, „Mobilitätsförderung und Internationalisierung“, „Kreativität und Interdisziplinarität“ sowie in der Verbesserung der Übergänge innerhalb des „Student Lifecycle“ das ingenieurwissenschaftliche Studium mit methodisch-didaktischem Ansatz. Dabei stehen insbesondere die (Weiter-) Entwicklung innovativer Studienkonzepte sowie die Zugänglichkeit der Studienangebote für eine große Studierendenschaft im Mittelpunkt.

Um möglichst vielen Studierenden Zugang zu Laborversuchen und praktischen Experimenten zu gewähren, sollen sogenannte „Virtual Labs“ sowie „Remote Labs“ in naher Zukunft den Lehralltag unterstützen und als virtuelle und ferngesteuerte Labore durchgeführt werden. Ferngesteuerte Labore bestehen aus realen Versuchsaufbauten, die beispielsweise über das Internet bedient werden. Demgegenüber nutzen virtuelle Labore geeignete Computerprogramme, um Versuche in einer vollständigen Simulation abzubilden. Der Reiz von ferngesteuerten Laborversuchen liegt darin, dass der real ablaufende Versuch aus der Ferne beobachtet werden kann, beispielsweise über eine Kamera. So ist zusätzlich zur Übermittlung der reinen Daten ein Einblick in die

tatsächlichen Abläufe möglich, wodurch der Versuch aus der Entfernung so realitätsnah wie möglich wird. Virtuelle Labore bieten den Vorteil, dass sie auch Versuche ermöglichen, die im realen Laboralltag aus Sicherheits- oder Kostengründen nicht durchgeführt werden. So können beispielsweise Atomreaktoren oder auch die Herstellung von Silizium-Wafern für die Computerindustrie simuliert werden.

Beide Laborformen bieten zusätzlich zu den bisher genannten Vorteilen die Möglichkeit, die Vermittlung des Lernstoffs an den einzelnen Versuchsteilnehmer oder die -teilnehmerin anzupassen. Dies unterstützt die eingangs erwähnte individuelle Wissensbildung der Studierenden. An der Ruhr-Universität Bochum wird die Einführung dieser zusätzlichen Laborversuche außerdem als Lösungsansatz für die erwartete deutliche Zunahme der Studierendenzahlen betrachtet, da bereits aktuell die maximale Auslastung der durchgeführten Laborversuche erreicht ist. Dennoch sollen die zusätzlich einzuführenden Laborformen die bisherigen praktischen Versuchserfahrungen nicht ersetzen, sondern in geeigneter Weise ergänzen. So ist eine Aufteilung der Studierenden in verschiedene Gruppen denkbar, die an jeweils unterschiedlichen Kombinationen aus real erfahrbaren und virtuell erlebbar gemachten Versuchen teilnehmen. Dabei ist die zeitliche Verfügbarkeit von ferngesteuerten „Remote Labs“ eine zentral zu lösende Aufgabe.

Zur Einrichtung von Virtual Labs sowie Remote Labs an der Ruhr-Universität Bochum stellt ELLI Sachmittel zur Verfügung, die im Rahmen einer Ausschreibung kriteriengestützt mittels Juryentscheid vergeben wurden. Bereits im Sommer 2012 traten die Projektleiter der ELLI-Initiative an Vertreterinnen und Vertreter aller drei Ingenieur fakultäten - die bereits erwähnten Bau-

und Umweltingenieurwissenschaften, Maschinenbau sowie Elektro- und Informationstechnik - heran, um Transparenz über die Vorgehensweise der Ausschreibung zu schaffen und zum Austausch einzuladen. Daraus ging die konkrete Ausschreibung hervor, die im Herbst 2012 von zentraler Stelle aus in Umlauf gebracht wurde. Die einzureichenden Anträge sollten neue Konzepte der Lehrenden vor Ort enthalten, die räumliche und zeitliche Flexibilität schaffen. Neben diesen organisatorischen Rahmenbedingungen rückt die Ausschreibung insbesondere die Kompetenzentwicklung der Studierenden ins Zentrum, indem sie eigenständig ihre Arbeit planen, mit Herausforderungen des beruflichen Ingenieuralltags umgehen und ihren Wissensstand prozessbegleitend überprüfen können.

Die Beitragsfrist war auf Ende September 2012 festgesetzt. Insgesamt gingen 13 Anträge aus den drei ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten ein. Ende Oktober versammelte sich eine unabhängige Jury, bestehend aus den Fachrichtungen Hochschuldidaktik, Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Maschinenbau, um über die Vergabe der Fördermittel zu entscheiden. Die Jury sprach sich für die Förderung von acht Anträgen mit einem Volumen von insgesamt 472 000 Euro aus. Alle drei Fakultäten der Ruhr-Universität Bochum sind nun daran beteiligt, virtuelle und ferngesteuerte Labore in den Ingenieurwissenschaften einzuführen.

### **Auswahl der zu fördernden Laborversuche**

Ein wichtiger Aspekt bei der Wahl der Jury war die Darstellung des didaktischen Konzeptes der jeweiligen Anträge. Dabei lag der Schwerpunkt insbesondere auf der geplanten Umsetzung der Lernziele. Die Studierenden sollten in der Lage sein, selbstständig ihr Wissen

zu erweitern und ihren individuellen Lernfortschritt zu überprüfen. Zusätzlich war von Interesse, wie der individuelle Lernstand durch die Lehrenden beurteilt werden kann. Positiv bewertet wurden zudem Anträge, die einen möglichst realen Versuchsablauf inklusive Messfehler oder Störfälle skizzierten. Auch sollte ein Betrieb des Experiments in Randbereichen, also beispielsweise mit nichtstationären Versuchswerten möglich sein, um Grenzen des Versuchsbereichs aufzuzeigen.

Alle geförderten Vorhaben dienen dazu, das Lehrangebot in den Ingenieurwissenschaften nachhaltig zu erweitern. Sie werden über die Laufzeit der ELLI-Initiative hinaus in den Studienplan integriert. Besonders positiv wurden daher eine möglichst vielseitige Anwendung der Labore, interdisziplinäre Kooperationen oder auch eine Weiterentwicklung bestehender Konzepte beurteilt. Die im Rahmen von ELLI geförderten Vorhaben werden langfristig dazu genutzt, die Lehre praxisnäher und unmittelbarer zu gestalten. Viele von ihnen binden die studentische Perspektive gezielt in die konkrete Ausgestaltung ein. So werden unter anderem Vorhaben zur Prüfung von Elektrofahrzeugen, zur Steuerung von Robotern und zur Überwachung von Kläranlagen umgesetzt.

## **Praxisbeispiel: Virtual Lab und Remote Lab Abwasser (VRL Abwasser)**

Exemplarisch für die acht geförderten Anträge wird an dieser Stelle das Virtual Lab und Remote Lab Abwasser (*VRL Abwasser*) vorgestellt. Der Laborversuch *VRL Abwasser* ist für drei Lehrveranstaltungen der Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften vorgesehen und wird in Kooperation der Lehrstühle Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik sowie Informatik im

Bauwesen angeboten. Neben Einsatzmöglichkeiten im Rahmen von Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten in den Studiengängen Bauingenieurwesen (BI) sowie Umwelttechnik und Ressourcenmanagement (UTRM) ist die optimale Steuerung von Anlagen im Besonderen Gegenstand des Moduls „Operations Research und Simulationstechnik“ in den Masterstudiengängen BI und UTRM. Entwickelt wurde das Konzept des *VRL Abwasser* vor allem zur Integration in das Modul „Technische Mikrobiologie“. Anhand der Laborversuche sollen die Studierenden online realitätsnahe Überwachungs- und Steuerkonzepte von Kläranlagen und Biogasreaktoren erproben. Die Aufreinigung verschmutzten Abwassers und der Betrieb einer Kläranlage stellen in der Regel 20 % des kommunalen Energieverbrauchs dar, weshalb diese Thematik eine besondere Relevanz in den Studienplänen der Fakultät aufweist. Bis Sommer 2013 sollen daher eine Laborkläranlage und ein Laborbiogasreaktor für diesen Versuch aufgebaut werden, um zum einen die Abbaubarkeit verschiedener im Abwasser enthaltener Substanzen zu untersuchen und zum anderen die mikrobielle Vergärung und Biogasproduktion verschiedener Substrate zu analysieren.

Das entsprechende Lehrkonzept ist zweistufig aufgebaut. Zunächst arbeiten die Studierenden mit einer virtuellen Abbildung der Anlage, um verschiedene betriebliche Einstellungen zu testen, bevor sie diese anschließend an den realen Laboranlagen überprüfen. Unter simulierten, realitätsnahen Bedingungen können die Studierenden Erfahrungen im Bereich der Anlagensteuerung machen. Dies ist direkt an der Anlage nicht möglich, da es durch bestimmte Parameterkombinationen zu Problemen bzw. Systemausfällen kommen kann, die gegebenenfalls zu irreparablen Schäden an den sensiblen Anlagen führen. Das Verständnis der einzelnen Komponenten innerhalb der Anlage wird durch deren

Visualisierung deutlich verbessert. Die Auswirkung der Änderung einzelner Prozessparameter auf die Anlagen wird dabei abgebildet, sodass verschiedenste Szenarien getestet werden können. Ziel ist es, die betrieblichen Prozessparameter so zu wählen, dass von den Lehrenden vordefinierte Zielwerte, z.B. die zu erreichende Wasserqualität, erreicht werden. Daran anschließend überprüfen die Studierenden an der realen Anlage, ob die gewünschten Ergebnisse mit den gewählten Einstellungen erzielt wurden.

Die Studierenden steuern die Anlagen in Kleingruppen an interaktiven Touch Tables. Sie werden angeregt, in der Gruppe Parametervariationen durchzuführen und die Auswirkungen direkt zu diskutieren. Auf diesem Weg sollen die Studierenden in der Lage sein, die vorgegebenen Zielwerte durch Anpassung der Prozessparameter zu erreichen. Durch die Verwendung eines Touch Table erarbeiten sie in Kleingruppen ihre Ergebnisse und schulen dabei ihre Teamfähigkeit und Diskussionsbereitschaft. Die Gruppen speichern ihre gewählten

Einstellungen und übermitteln diese zur Bewertung an die Lehrenden. Bei sinnvoll gewählten Betriebsparametern erfolgt eine Freischaltung für den Remote-Versuch in den realen Laboranlagen, andernfalls ist eine weitere Anpassung der Parameter erforderlich. Für einen realistischen Einblick in den ferngesteuerten Versuch wird ein Live-Video der Anlage übertragen.

### Ausblick

Alle im Rahmen der ELLI-Initiative geförderten Vorhaben werden langfristig dazu genutzt, die Lehre praxisnäher und unmittelbarer zu gestalten, um damit der beschriebenen Herausforderung steigender Studierendenzahlen unter Einbezug neuer Medien und Technologien Rechnung zu tragen. Während der Umsetzung der geförderten Laborversuche erhalten die Antragstellenden Unterstützung vom ELLI-Team, das regelmäßige Vernetzungstreffen während der Umsetzung organisiert.

### Autorinnen und Autoren

**Dr. Ing. Sulamith Frerich** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Institut für Thermo- und Fluidodynamik // Fakultät für Maschinenbau, Ruhr-Universität Bochum // frerich@vtp.rub.de

**Dr. rer. nat. Eva Heinz** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik // Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Ruhr-Universität Bochum // eva.heinz@rub.de

**Kristina Müller** | Wissenschaftliche Mitarbeiterin // Stabsstelle für Interne Fortbildung und Beratung, Ruhr-Universität Bochum // kristina.mueller@uv.rub.de

## Quellen

- [1] Grosch, Michael; Gidion, Gerd (2011), Mediennutzungsgewohnheiten im Wandel. Ergebnisse einer Befragung zur studiumsbezogenen Mediennutzung, Karlsruher Institut für Technologie (S. 1)
- [2] Weitere Informationen zum doppelten Abiturjahrgang:  
<http://www.ruhr-uni-bochum.de/rub2013/massnahmen/lehre-studium/index.html>
- [3] Weitere Informationen zum Verbundprojekt: <http://www.elli-online.net>

*Gefördert von:*



*Im Rahmen der Initiative:*

BOLOGNA**ZUKUNFT**  
**DER LEHRE**

*Durchgeführt von:*

**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY

**RUHR**  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM **RUB**

**tu** technische universität  
dortmund