

Tobias HAERTEL¹, Claudius TERKOWSKY, Dominik MAY & Christian PLEUL (Dortmund)

Entwicklung von Remote-Labs zum erfahrungsbasierten Lernen

Zusammenfassung

In den Ingenieurwissenschaften bietet das Lernen in Laboren ein besonderes Potenzial zum Erwerb auch außerfachlicher Kompetenzen, das in der Regel jedoch kaum genutzt wird. Das Beispiel eines fernsteuerbaren Labors mit einer Lernumgebung, die unterschiedliche Lernpfade einbindet, zeigt, wie erfahrungsbasiertes Lernen in der Hochschule ermöglicht werden kann.

Schlüsselwörter

Ingenieurstudium, Kompetenzorientierung, Employability, Labor, Remote-Lab

Experiential learning with remote labs in engineering education

Abstract

Although laboratories provide a suitable setting for the implementation of experiential learning practices in Higher Engineering Education, their potential is rarely used. This paper describes remote laboratories, which integrate different learning paths to allow students to conduct self-directed research, thereby leading to unique learning experiences.

Keywords

engineering education, competencies, employability, remote lab

¹ E-Mail: tobias.haertel@tu-dortmund.de

1 Kompetenzdiskussion im Ingenieurstudium

Das Arbeitsfeld von Ingenieurinnen und Ingenieuren ist vielfältig. Wenn sie in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen beschäftigt sind, müssen sie in der Regel mit vielen anderen Abteilungen zusammenarbeiten, z. B. mit der Finanzabteilung, dem Projektmanagement, der Marktforschung, dem Marketing und Vertrieb, der Service-Abteilung, der Qualitätssicherung oder der Rechts- und Umweltabteilung (BECKER, 2007). Im Zuge immer stärkerer Vernetzungen von Unternehmens- und insbesondere Entwicklungsprozessen werden Ingenieurinnen und Ingenieure aber auch zunehmend direkt in diesen Abteilungen beschäftigt. Eine Auswertung von 900 Stellenausschreibungen für Ingenieurinnen und Ingenieure von Siemens Deutschland zeigte, dass nur zu knapp 50 % ein Einsatz in der Forschung und Entwicklung vorgesehen war, gut 50 % der Stellen waren anderen Abteilungen zugeordnet (ebd).

Ob direkt in anderen Abteilungen beschäftigt oder stark vernetzt mit ihnen zusammenarbeitend – für Ingenieurinnen und Ingenieure in Unternehmen ergibt sich daraus die Notwendigkeit, sich auf andere Sicht- und Denkweisen einlassen zu können, das eigene Fachwissen allgemein verständlich in Dialoge einzubringen und sich jenseits der technischen Probleme auch mit darüberhinausgehenden Zusammenhängen zu befassen.

Die Realität im Ingenieurstudium sieht jedoch anders aus, hier lässt die Dominanz an fachlichen und methodischen Anforderungen traditionell wenig Raum für den Erwerb der oben skizzierten Kompetenzen. Seit fast 100 Jahren sehen sich die Ingenieurwissenschaften der Forderung ausgesetzt, fachliche Spezialisierung und breiter angelegte Bildungsziele in ein ausgewogeneres Verhältnis zu bringen. Bereits in der Weimarer Republik gab es Bestrebungen, das überspezialisierte Ingenieurstudium mit interdisziplinären Inhalten anzureichern. Schon damals war das Motiv „Employability“², das Ziel eine stärkere Verzahnung von Technik und Wirtschaft. Der Reformersfolg blieb jedoch aus, auch die neuen Studiengänge waren geprägt von ihrer technik-fachlichen Spezialisierung (KÖNIG, 2006). Ebenso wurde in den 1960er Jahren von Wirtschaftsvertreterinnen und Wirtschaftsvertretern ein breiterer Blickwinkel im Curriculum gefordert, jedoch auch ohne den gewünschten Erfolg (BECKER, 2004).

Zu entsprechenden Ergebnissen kommen auch neuere Studien, die sich mit dem Kompetenzprofil im Ingenieurstudium befassen. Die meiste Aufmerksamkeit erzielten die VDE-Studie Young Professionals (VDE, 2007) und die HIS Absolventen-Befragung (MINKS, 2005).

² Anders als in vielen anderen Disziplinen wird bei den Ingenieurwissenschaften die Kompetenzdiskussion nicht nur vor dem Hintergrund der Employability geführt, sondern insbesondere auch vor einer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Zahlreiche Arbeiten der Techniksoziologie belegen die Notwendigkeit der Fähigkeit zum ganzheitlichen, systemischen Denken von allen an der Entwicklung von Technik Beteiligten (s. z. B. HAERTEL & WEYER, 2005; HAERTEL, 2010) im Sinne einer gesellschaftlich sozial verantwortlichen Technikgestaltung.

Die VDE-Studie kommt zu dem Ergebnis, dass es neben der fachlich hervorragenden Qualität des Ingenieurstudiums Defizite in der Vermittlung von Kommunikations-, Präsentations- und Führungskompetenz gibt. Gleichzeitig wird das Studium mit Blick auf den Nutzen im Beruf als zu theorielastig betrachtet (VDE, 2007). Wie wichtig solche Kompetenzen sind, zeigt die HIS-Absolventen-Befragung: Die befragten Absolventinnen und Absolventen der Elektrotechnik gaben fünf Jahre nach ihrem Examen an, dass Kommunikationsfähigkeit (81 % FH, 79 % Uni), selbständiges Arbeiten (80 % FH, 81 % Uni), Verantwortungsfähigkeit (69 % FH, 65 % Uni), Organisationfähigkeit (68 % FH, 69 % Uni) und fachübergreifendes Denken (61 % nur FH) wichtiger sind als spezielles Fachwissen (34 % FH, 37 % Uni) (MINKS, 2005). Die Befragten sahen jedoch gerade bei diesen als wichtig bezeichneten Kompetenzen große Defizite bei der eigenen Beurteilung. Beim Vergleich zweier Abschluss-Jahrgänge (1997 und 2001), die zum selben Zeitpunkt befragt wurden (2002, also fünf Jahre bzw. ein Jahr nach dem Examen), zeigten sich kaum Unterschiede bei der Selbsteinschätzung zu Kompetenzdefiziten (ebd.).

JUNGE (2009) hat in einer bemerkenswerten Literaturanalyse sieben relevante Untersuchungen zum Qualifikationsbedarf von Ingenieurinnen und Ingenieuren zusammengefasst und ausgewertet. So kam er zu einer Gesamtliste mit 60 Kompetenzen, die er in einem weiteren Schritt auf der Grundlage der Relevanz, die den Kompetenzen in den einzelnen Untersuchungen zugeschrieben wurde, zu neun Kompetenzen mit hoher Gesamtrelevanz verdichtete:

- breites Grundlagenwissen
- Kenntnisse in EDV
- fachübergreifendes Denken
- die Fähigkeit, wissenschaftliche Ergebnisse/Konzepte praktisch umzusetzen
- die Fähigkeit, Wissenslücken zu erkennen und zu schließen
- selbständiges Arbeiten
- analytische Fähigkeiten
- Problemlösefähigkeit
- Kooperationsfähigkeit (ebd.)³

Auch diese Reduktion der umfangreichen 60 Einzelkompetenzen auf 9 zeichnet immer noch ein anspruchsvoll vielfältiges Bild vom Ingenieurstudium.

³ Zur Problemlösefähigkeit wird Kreativität benötigt. Nach JAHNKE & HAERTEL (2010) und HAERTEL & JAHNKE (2011a,b) ist Kreativität in der Hochschullehre in sechs Facetten vertreten: 1.) reflektierendes Lernen, 2.) selbständiges Lernen, 3.) Motivationssteigerung/Forschungsneugier, 4.) kreierendes Lernen, 5.) vielperspektivisches Lernen/neue Denkkultur und 6.) Entwicklung origineller Ideen (ebd.). Eine erste (nicht repräsentative) Auswertung der Modulbeschreibungen aus den Studiengängen Maschinenbau und Elektro- und Informationstechnik von drei Universitäten in Nordrhein-Westfalen gibt jedoch erste Hinweise darauf, dass gerade die für die erfinderische Problemlösung wichtigen Aspekte der Vielperspektivität und der Entwicklung origineller Ideen im Studium von den Lernenden praktisch nicht verlangt wird (HAERTEL & TERKOWSKY, 2012).

2 Verschenkte Chancen beim Kompetenzerwerb im Labor

Werden die gängigen Veranstaltungsformate in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen auf ihr Potenzial zum Kompetenzerwerb jenseits von Fach- und Methodenkompetenzen hin untersucht, bietet sich vor allem das Labor als Ansatzpunkt für die Gestaltung neuer, hochschuldidaktisch fundierter Lehr-Lernszenarien an (TERKOWSKY et al., 2010). Die Einbindung erfahrungsbasierten und forschungsorientierten Lernens durch den aktiven Einsatz von Laboren in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung von Studierenden ist ein Lehr-Lernkonzept, das den konstruktivistischen Ansatz sehr gut unterstützen kann. Das Lernen kann im Labor aus Sicht der Lernenden gestaltet werden, sie „bewegen“ sich durch die Lernobjekte und konstruieren im Rahmen eines aktiven Prozesses ihr neues Wissen selbst. Der Umgang mit der Laborausstattung bietet den Studierenden die Möglichkeit, mit den Geräten und Maschinen ihres zukünftigen Arbeitslebens in Kontakt zu kommen und zusätzlich praktische sowie theoretische Erfahrungen beim Experimentieren mit der Ausstattung, den Methoden und den Prozessen der empirischen Forschung zu sammeln (BRUCHMÜLLER & HAUG, 2001).

Der Einsatz von Laboren in Lehr- und Lernumgebungen kann grundlegend auf das Verständnis des Lernens nach KOLB (1984) zurückgeführt werden: „Learning is the process whereby knowledge is created through the transformation of experience.“ (ebd.) Demnach ist ein Bestandteil des Lernens der Erwerb von abstrahierten Konzepten, die flexibel in unterschiedlichen Situationen angewendet werden können. Nach Kolbs Theorie bieten neue Erfahrungen den Impuls zur Entwicklung neuer Konzepte. Kolbs Zyklus zum erfahrungsbasierten Lernen besteht aus den folgenden vier Phasen als Grundlage des Lernprozesses:

- Konkrete Erfahrungen: Konfrontation mit einer neuen Erfahrungssituation oder Neuinterpretation einer existierenden Erfahrung.
- Reflektierende Beobachtung: Analyse, Evaluation und Interpretation der neuen Erfahrung. Von besonderer Bedeutung sind Unstimmigkeiten zwischen der Erfahrung und dem Verständnis darüber.
- Zusammenfassende Konzeptualisierung: Reflexion führt zu neuen Ideen oder zur Modifikation eines bestehenden Konzeptes.
- Aktives Experimentieren: Transformation des neuen abstrahierten Konzeptes in die Anwendung. Die/der Lernende interagiert mit ihrer/seiner Umwelt, um zu erfahren, wie diese reagiert.

In diesem vierstufigen Lernzyklus veranschaulicht Kolb, dass der Lernprozess aus einer realen Erfahrung, gemacht von der bzw. dem Lernenden, einer reflektierenden Beobachtung sowie der Konzeptualisierung des Erfahrenen und dem aktiven Experimentieren besteht. Mit jedem Durchlaufen des Zyklus vermehren Studierende ihre Erfahrungen. Verglichen mit einer aufsteigenden Spirale, wandelt der Lernzyklus die Lernaktivitäten in Erfahrungswissen, Fähigkeiten und Kompetenzen um.

Das Labor bietet damit die Chance zum forschungsorientierten Lernen. Es ist kein Zufall, dass Forschungsprozesse nahezu immer dieselben Schritte aufweisen, be-

stehend aus einer Erfahrung oder einer Frage, realen Experimenten und neuen Forschungsergebnissen (WILDT, 2009). Darüber hinaus haben HERRINGTON & OLIVER die Wichtigkeit einer authentischen Lernumgebung für einen erfolgreichen Lernprozess herausgearbeitet (HERRINGTON & OLIVER, 2000). Diese authentische Lernumgebung kann durch Lehr- und Lernaktivitäten in Laborveranstaltungen angeboten werden. In diesen Veranstaltungen setzen sich Studierende mit realen Inhalten in einem realistischen Kontext auseinander und führen reale Handlungen durch. Durch eine weiterführende Verbindung der Laboraktivitäten mit realen Problemstellungen – z. B. der Verknüpfung mit aktuellen Aspekten der Forschung – haben Studierende die Möglichkeit, den gesamten Weg zu beschreiten, von der Frage über die experimentelle Erforschung bis hin zum finalen Gebrauch der erarbeiteten Resultate.

In der Praxis allerdings wird das große Potenzial vom Lernen im Labor oft nicht abgerufen. In der eigentlichen Laborveranstaltung werden oft nach schrittweiser Vorgabe experimentelle Daten erhoben. Dabei sind Studierende nur teilweise selbstständig tätig. Oft werden die einzelnen Arbeitsschritte, z. B. wegen komplizierter Maschinenbedienung oder Sicherheitsvorschriften, nur erklärt und vorgeführt. Die Chance zum forschenden Lernen ist mit diesem in der Praxis oft zu findenden Lehr-Lern-Szenario nicht ausgeschöpft.

3 Experimentierendes Lernen im Remote-Lab

Eine wesentliche Bedingung, um einen umfassenderen Kompetenzerwerb im Labor zu ermöglichen, liegt im Verzicht auf die hohe Einstiegsschwelle (Bestehen des Testats, anschließende Zuweisung einer bestimmten und sehr begrenzten Laborzeit) und die Durchführung bereits vorgegebener Experimente. Stattdessen sollten die Studierenden ihre Forschungsfragen, die sie experimentell beantworten möchten, selbst entwickeln können oder mit der Lösung realer, praktischer Probleme, wie sie auch in der Berufsausübung auf sie zukämen, beauftragt werden. Ihnen sollte die Möglichkeit gegeben werden, die Lösungswege zur Beantwortung ihrer Fragen selbst zu finden und dabei schließlich zum Experimentieren auf das Labor zugreifen zu können. Jedoch würden bei oft mehreren hundert Studierenden die Labore mit dem freien Zugriff der Studierenden organisatorisch überfordert.

Beides, die Unterstützung der Lernenden bei der selbständigen Problemlösung und der Durchführung von Experimenten im Labor, lässt sich mit dem im PeTEX-Projekt⁴ entwickelten Konzept des Remote-Labors in der Lernumgebung Moodle umsetzen. PeTEX ermöglicht das „aktive Experimentieren“ nach Kolb, indem es in einer integrierten Lernumgebung relevante Informationen, die Möglichkeit zum Experimentieren und von der Suche nach der Problemlösung bis zur Auswertung und Diskussion der Ergebnisse die Gelegenheit zur Kommunikation zur Verfügung

⁴ PeTEX – Platform for eLearning and Telemetric Experimentation, gefördert durch die EU, Lifelong Learning Programme (LLLP)/Sub-Programme LEONARDO DA VINCI (ICT), 12/2008 bis 11/2010.

stellt (PLEUL et al., 2011a). Abb. 2 zeigt die Laborumgebung (hier zur Bestimmung von charakteristischen Materialeigenschaften), in die Studierende alle Parameter des Experiments einstellen und anschließend das Experiment per Webcam verfolgen können. Die gesammelten Daten stehen unmittelbar danach zur Auswertung zur Verfügung.

Die umfassende Einbindung des tele-operativen realen Versuches erfolgt dabei durch die nahtlose Integration in die Lernplattform Moodle und ist somit direkt in den Lernprozess integrierbar (PLEUL et al., 2011b). Der Einsatz von Moodle mit integrierten realen Experimenten bietet aus der didaktischen Perspektive den Vorteil, dass durch die Gestaltung unterschiedlicher Lernpfade die Lehrendenzentrierung mit zunehmender Erfahrung von einer Lernenden-Zentrierung überlagert und schließlich ganz abgelöst wird:



Abb. 1: Remote-Lab-Umgebung PeTEX

- 1.) Für Anfänger/innen stellt PeTEX einfache Aufgaben zum Kennenlernen der Experimente und der Auswertungsmethoden in vorgeschriebenen Lernpfaden zur Verfügung.
- 2.) Fortgeschrittene Lernende bearbeiten sogenannte Real World-Szenarien, die sich mit realen Problemstellungen aus der beruflichen Praxis befassen. Zur Lösung der Aufgaben reicht das innerhalb der Lernplattform angebotene Lernmaterial nicht mehr aus, sondern es müssen Suchbewegungen und strategische Entscheidungen getroffen und durchgeführt werden.

- 3.) Für weit fortgeschrittene Lernende wird die Plattform für selbstorganisiertes forschendes Lernen zur Verfügung gestellt. Die Lernenden müssen hierzu ihre Forschungsfrage und das zugehörige Forschungsdesign selbst entwickeln.

Es obliegt den Kursbetreuerinnen und Kursbetreuern, diese drei Szenarien hinsichtlich Aufgabenzusammenstellung, Schwierigkeitsgraden, integrierte Lernobjekte, Einzel- oder Gruppenarbeit, notwendige Unterstützung usw. entsprechend ihren beabsichtigten kompetenzgenerierenden Lernzielen einerseits und dem Vorwissen ihrer Lernenden andererseits zielgruppenspezifisch anzupassen.

Auf der technischen Seite hat die Verwendung von realen Experimenten im Modus der Fernsteuerung („remote labs“) anstelle von Software-basierten Simulationen („virtual labs“) zwar den Nachteil, die Skalierbarkeit – und damit den parallelen Zugriff beliebig vieler User/innen zur gleichen Zeit – nicht wesentlich zu erhöhen, was aber abgewogen werden kann gegenüber den Vorteilen, dass sich erstens verschiedene Einrichtungen die Anschaffung und Nutzung von kostspieligen Versuchseinrichtungen aufteilen können und dass zweitens reale Experimente den Vorteil haben, reales Verhalten der Versuchsanordnung und der verwendeten Materialproben anzubieten, anstelle von immer gleichen Abläufen des Materialprobenverhaltens bei simulierten Experimenten (TERKOWSKY et al., 2010, 2011, 2012).

4 Fazit

Das PeTEX-Projekt hatte neben der Umsetzung der Remote-Labs in der Lehre zum Ziel, die Universität als Ausbildungsstätte mit der Wirtschaft als spätere Arbeitgeberin für Ingenieurinnen und Ingenieure zusammenzubringen. Aus diesem Verständnis heraus sollte über institutionelle Grenzen hinweg eine, durch die Arbeit am und im Labor verbundene, Community aufgebaut werden, was durch die gemeinsame Lernplattform ermöglicht wurde. Mit einem weiteren Ausbau solcher Angebote kann die beharrlich geforderte Brücke zur Verknüpfung vielfältiger Kompetenzen in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre geschlagen werden.

5 Literaturverzeichnis

- Becker, F. S.** (2004). Der Europäische Hochschulraum: Bekommen wir die Ingenieure, die wir brauchen? In J. Grüneberg & I. G. Wenke (Hrsg.), *Arbeitsmarkt Elektrotechnik Informationstechnik*, 12. Auflage (S. 43-54). Berlin: VDE Verlag.
- Becker, F. S.** (2007). Was heute von Ingenieuren verlangt wird. In J. Grüneberg & I. G. Wenke (Hrsg.), *Arbeitsmarkt Elektrotechnik Informationstechnik 2007*, 15. Auflage (S. 13-32). Berlin: VDE Verlag.
- Breuer, A. C.** (2009). *Das Portfolio im Unterricht – Theorie und Praxis im Spiegel des Konstruktivismus*. Münster, Waxmann.
- Bruchmüller, H. G. & Haug, A.** (2001). *Labordidaktik für Hochschulen – Eine Einführung zum Praxisorientierten Projekt-Labor*. Schriftenreihe report – Band 40. Alsbach, Leuchtturm.

- Haertel, T.** (2010). *Techniksteuerung durch Normung am Beispiel der Ergonomie von Speditionsoftware: Ergonormenorm oder Ergononienorm?*
<http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=22510>,
Stand vom 15. November 2012.
- Haertel, T. & Jahnke, I.** (2011a). Wie kommt die Kreativitätsförderung in die Hochschullehre? *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6(3), 238-245.
- Haertel, T. & Jahnke, I.** (2011b). Kreativitätsförderung in der Hochschullehre: Ein 6-Stufenmodell für alle Fächer?! In I. Jahnke & J. Wildt (Hrsg.), *Fachübergreifende und fachbezogene Hochschullehre* (S. 135-146). Bielefeld: Bertelsmann.
- Haertel, T. & Terkowsky, C.** (2012). Where have all the inventors gone? The lack of spirit of research in engineering education. In The Ministry of Higher and Secondary Special (Vocational) Education of Republic of Uzbekistan (Hrsg.), *Proceedings of the 2012 Conference on Modern Materials, Technics and Technologies in Mechanical Engineering* (S. 507-512). Andijan City: The Ministry of Higher and Secondary Special (Vocational) Education of Republic of Uzbekistan.
- Haertel, T. & Weyer, J.** (2005). Technikakzeptanz und Hochautomation. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 14(3), 61-67.
- Herrington, J. & Oliver, R.** (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48(3), 23-48.
- Jahnke, I. & Haertel, T.** (2010). Kreativitätsförderung in Hochschulen – ein Rahmenkonzept. *Das Hochschulwesen*, 58(3), 88-96.
- Junge, H.** (2009). *Projektstudium als Beitrag zur Steigerung der beruflichen Handlungskompetenz in der wissenschaftlichen Ausbildung von Ingenieuren*.
<https://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/26213>, Stand vom 15. November 2012.
- Kolb, D. A.** (1984). *Experiential learning. Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- König, W.** (2006). Vom Staatsdiener zum Industrieangestellten: Die Ingenieure in Frankreich und Deutschland 1750-1945. In W. Kaiser & W. König (Hrsg.), *Geschichte des Ingenieurs. Ein Beruf in sechs Jahrtausenden* (S. 179-232). München: Hanser.
- Minks, K.-H.** (2005). Kompetenzen für den globalen Arbeitsmarkt: Was wird vermittelt? Was wird vermisst? In J. Grüneberg & I.-G. Wenke, *Arbeitsmarkt Elektrotechnik Informationstechnik* (S. 29-48). Berlin: VDE.
- Pleul, C., Terkowsky, C., Jahnke, I. & Tekkaya, A. E.** (2011a). Tele-operated laboratory experiments in engineering education – The uniaxial tensile test for material characterization in forming technology. In J. Garcia-Zubia & R. G. Alves (Hrsg.), *Using Remote Labs in Education. Two Little Ducks in Remote Experimentation* (S. 323-347). Bilbao: Deusto Publicaciones.
- Pleul, C., Terkowsky, C., Jahnke, I. & Tekkaya, A. E.** (2011b). Platform for e-learning and tele-operative experimentation (PeTEX) – Holistically integrated laboratory experiments for manufacturing technology in engineering education. In J. Bernardino & J. C. Quadrado (Hrsg.), *Proceedings of SEFI Annual Conference. 1st World Engineering Education Flash Week* (Lissabon, Portugal, 27. Sep.–4. Okt. 2011) (S. 578-585). <http://www.sefi.be/wp-content/papers2011/T12/104.pdf>, Stand vom 20. November 2012.

Terkowsky, C., Jahnke, I., Pleul, C. & Tekkaya, A. E. (2010). *Platform for eLearning and Telemetric Experimentation. A Framework for Community-based Learning in the Workplace*. Position Paper for the Workshop on CSCL at Work, 16th ACM International Conference on Supporting Group Work. Sanibel, Florida, 2010. http://www.zhb.tu-dortmund.de/hd/fileadmin/Mitarbeiter/cterkowsky/ClaudiusTerkowsky_IsaJahnke_ChristianPleul_Group_10.pdf, Stand vom 20. November 2012.

Terkowsky, C., Pleul C., Jahnke, I. & Tekkaya, A. E. (2011). Tele-Operated Laboratories for Online Production Engineering Education. Platform for E-Learning and Telemetric Experimentation (PeTEX). *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 7 (Special Issue: Educon 2011), 37-43.

Terkowsky, C., Jahnke, I., Pleul, C., May, D., Jungmann, T. & Tekkaya, A. E. (2012). PeTEX@Work. Designing Online Engineering Education. In S. P. Goggins, I. Jahnke & V. Wulf (Hrsg.), *CSCL at Work – a conceptual framework*. New York: Springer (im Erscheinen).

VDE (Hrsg.) (2007). *VDE-Studie Young Professionals*. http://www.vde.com/de/Karriere/Ingenieurausbildung/Documents/Studie%20Young%20Prof%202007%20komplett%20DRUCK_1.pdf, Stand vom 17. Juni 2012.

Wildt, J. (2009). Forschendes Lernen: Lernen im „Format“ der Forschung, *Journal Hochschuldidaktik*, 20(2), 2009, 4-7.

Autoren



Dr. Tobias HAERTEL || TU Dortmund, Zentrum für Hochschul-Bildung zhb || D-44221 Dortmund

www.zhb.tu-dortmund.de/hd/380/

tobias.haertel@tu-dortmund.de



Dipl.-Paed. Claudius TERKOWSKY || TU Dortmund, Zentrum für HochschulBildung zhb || D-44221 Dortmund

www.zhb.tu-dortmund.de/hd/claudius-terkowsky/

claudius.terkowsky@tu-dortmund.de



Dipl.-Wirt.-Ing. Dominik MAY || TU Dortmund, Zentrum für HochschulBildung zhb || D-44221 Dortmund

www.zhb.tu-dortmund.de/hd/dominik-may/

may@teaching-learning.eu



M.Sc. M.Eng. Christian PLEUL || TU Dortmund, Institut für Umformtechnik und Leichtbau IUL || D-44221 Dortmund

www.iul.uni-dortmund.de/iul/index.php

Christian.Pleul@iul.tu-dortmund.de