

2.3 Technik- und Ingenieurdidaktik in der hochschulischen Bildung

Claudius Terkowsky (Technische Universität Dortmund)

Silke Frye (Technische Universität Dortmund)

Tobias Haertel (Technisch Universität Dortmund)

Dominik May (Technische Universität Dortmund)

Uwe Wilkesmann (Technische Universität Dortmund)

Isa Jahnke (University of Missouri-Columbia, USA)

Zusammenfassung

Der Bedarf einer praxisbezogenen hochschulischen Bildung in allen technischen Studiengängen ist unumstritten. Während Technikdidaktik als Basis für die Ausbildung von LehrerInnen für technische Unterrichtsfächer bereits über Jahrzehnte ein etablierter Teil der institutionalisierten Lehramtsausbildung ist, ist Ingenieurdidaktik ein in Deutschland über Jahrzehnte vernachlässigtes Desiderat. Der internationalen Entwicklung folgend, profiliert sich aber unter dieser Bezeichnung zunehmend eine Hochschuldidaktik der Ingenieurwissenschaften. Der Beitrag gibt einen Überblick über gegenwärtige Entwicklungen von Technikdidaktik und Ingenieurdidaktik vor dem Hintergrund aktueller Herausforderungen an die technische Hochschulbildung.

Abstract

Technology Education and Engineering Education in Higher Education

In Germany, there is controversial discussion if and how to revise technical related study programmes in higher education towards a more practical education. While *Technology Didaktik* has been an established part of teacher education as training for future teachers in technical related teaching subjects, *Engineering Didaktik* is a neglected desideratum in Germany for decades. This is changing due to international developments.

Instructional Design and Didaktik becomes a specialized area for engineering sciences study programmes and gains more and more awareness. This article provides an overview of current developments of rethinking instructional designs in Technology and Engineering Education in the context of current challenges in higher education and especially in technical related study programmes.

1 Einleitung

Deutschland beklagt seit Jahren einen Mangel an Fachkräften. Dabei fehlen kompetente IngenieurInnen sowie gut qualifizierte FacharbeiterInnen (acatech 2009, S. 5) genauso, wie Lehrkräfte in technischen Unterrichtsfächern.¹

Während die Technikdidaktik Studierende als künftige LehrerInnen für technische Unterrichtsfächer fokussiert, adressiert die Ingenieurdidaktik vor allem Lehrende, aber auch Studierende der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge sowie Akteure der hochschuldidaktischen Professionalisierung. Als fachbezogene Hochschuldidaktik zielt sie auf die Verbesserung des Lehrens und Lernens in der Ingenieurausbildung: „Die qualitätsvolle Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist die Grundlage für exzellente Forschung, die wiederum Voraussetzung für ausgezeichnete Lehre ist. Vor dem Hintergrund des vorherrschenden Mangels an akademisch qualifizierten Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie der zunehmenden Komplexität des Ingenieurberufs wird Bedarf für die Weiterentwicklung der Ingenieurausbildung deutlich“ (AG Ingenieurdidaktik 2016).

2 Technikdidaktik in Lehramtsstudiengängen

Im Fokus der hochschulischen Technikdidaktik steht wie in allen anderen Disziplinen der technischen Bildung das technikbezogene Lernen und Lehren. Im Rahmen des Lehramtsstudiums gilt dies im doppelten Sinne. Während IngenieurInnen als „kompetente ProblemlöserInnen“ ausgebildet werden sollen, stehen angehende LehrerInnen vor der Herausforderung, „kompetente VermittlerInnen“ zu werden. Entsprechend müssen in ihrer Ausbildung sowohl fach- als auch vermittlungswissenschaftliche Lern- und Lehrziele definiert und verfolgt werden.

2.1 „Employability“ als Leitmotiv technischer Lehramtsstudiengänge

Die „Employability“ als fachunabhängiges Leitmotiv hochschulischer Bildung führt im Rahmen der Lehramtsausbildung zu fachlichen und überfachlichen Lern- und Lehrzielen. Der fachliche Handlungsrahmen wird für die Studierenden durch ihr Unterrichtsfach determiniert. Im Studium soll ein fundiertes und anschlussfähiges technisches

¹ Aktuell wird prognostiziert, dass bspw. im Land Nordrhein-Westfalen im Jahr 2025 nur ca. 10% des Einstellungsbedarfs an Lehrkräften im Fach Technik gedeckt werden kann (Klemm 2015, S. 3).

Fachwissen vermittelt werden. Dies ist die Grundlage zur Entwicklung einer Methodenkompetenz, die es Studierenden ermöglicht, auch zukünftige technische Innovationen zu verstehen und in ihren Unterricht einzubringen (Hein & Schulte 2009, S. 92). Es kann daher nicht zielführend sein, die Anforderungen hinsichtlich fachwissenschaftlicher Inhalte auf das Unterrichtsniveau der jeweiligen Schulformen zu reduzieren. Zentral ist vielmehr, den Studierenden einerseits die Zusammenhänge eines umfassenden Fachwissens und einer fachdidaktischen Kompetenz aufzuzeigen, gleichzeitig aber auch deutlich zu machen, dass das Studium keine allumfassende Vorbereitung auf die Unterrichtspraxis liefern kann.

Aufbauend darauf setzte die Employability von Lehramtsstudierenden auch diagnostische Kompetenzen voraus. Die Studierenden müssen darauf vorbereitet werden, eine Metaebene einzunehmen, um Aufgaben und Arbeitsaufträge zu formulieren, die nicht nur fachlich korrekt und vermittlungstechnisch zielführend sind, sondern gleichzeitig auch Potenziale für eine fähigkeitsorientierte Diagnostik in sich tragen (Baumert & Kunter 2006, S. 489).

In Summe definieren das Fachwissen, die fachdidaktischen Kenntnisse und die diagnostischen Kompetenzen ein Gesamtkonzept der Employability, das durch ein Verständnis des technischen Lehramtes als Profession geprägt ist und somit eine fachlich fundierte, forschungsbasierte und praxisbezogene Hochschullehre voraussetzt.

2.2 Kompetenzorientierte Gestaltung der Hochschullehre

Der Bedarf einer praxisbezogenen Bildung in allen technischen Studiengängen ist unumstritten (ASIIN 2011; Petermann et al. 2012). Um im späteren beruflichen Alltag bei SchülerInnen Begeisterung für Technik wecken zu können, müssen Lehramtsstudierende diese Begeisterung selbst entdecken und erleben. Maßgeblich ist hierfür ein Anwendungsbezug in der Hochschullehre, der in der Regel als Maß für die Sinnhaftigkeit empfunden wird.

Die Realisierung dieses Anwendungsbezugs wird auf unterschiedlichen Wegen angestrebt. Während die einen die Handlungsorientierung als übergeordnetes Konzept postulieren, fokussieren andere die Problemorientierung, die Ziel- oder die Prozessorientierung. Auch wenn sich alle Ansätze in ihrer Umsetzung unterscheiden, verfolgen sie die gleiche Zielsetzung – die Vermittlung von Handlungskompetenz. Im Mittelpunkt steht das „Handeln lernen“ und somit die Handlungsregulation (Hacker 1989, S. 67). Umgesetzt werden kann dies bspw., indem die Lernenden selbständig vollständige technische Handlungen ausführen – also fächerübergreifend technische Prozesse planen, ausführen, kontrollieren und bewerten.

In der beruflichen Bildung werden solche vollständigen Handlungsabläufe als Lern- und Lehrsettings seit Mitte der 1990er Jahren im Lernfeldkonzept umgesetzt. Hierbei ist die Lehre nicht in traditionellen Fächern organisiert, sondern im Sinne der Kompetenzorientierung in fachübergreifende Lernfelder gegliedert, die sich mit hohem Praxisanspruch an konkreten beruflichen Handlungs- und Tätigkeitsfeldern orientieren (Pittich 2013, S. 8). An den Hochschulen werden aber weiterhin rein additiv einzelne

Fachdisziplinen vermittelt. Dies ist zum einen auf die fachsystematischen Strukturen innerhalb der Fakultäten zurückzuführen, zum anderen haben sich diese Lern- und Lehrformen seit Jahrzehnten verfestigt, da sie dem traditionellen Bild der Produktions- und Arbeitsorganisation entsprechen (Lütjens 1999, S. 69). Lehramtsstudierende in technischen Fächern lernen in den Hochschulen also in einer strikten Fachsystematik, was sie bspw. an beruflichen Schulen in der fachübergreifenden Lernfeldsystematik vermitteln sollen.

Die Forschung zeigt zusätzlich eine weitere institutionelle Einflussgröße auf unzureichenden Lernerfolg, nämlich, dass strikte curriculare Vorgaben und Druck dazu führen, dass LehrerInnen die SchülerInnen kontrollieren wollen und damit den Druck weitergeben, sodass sich ein adaptives, extrinsisches Lernverhalten ausbildet und damit gerade kein sinnhafter Lernbezug hergestellt werden kann (Roth, Assor, Kanat-Maymon & Kaplan 2007; Leroy, Bressoux, Sarrazin & Trouilloud 2007).

Entsprechend sind Veränderungen erforderlich, um die Qualität der hochschulischen Lehre zu steigern. Zur Umsetzung einer praxisbezogenen technischen Bildung werden daher verstärkt Lern- und Lehrkonzepte implementiert, die eine Verknüpfung von Theorie und Praxis ermöglichen. Beispiele hierfür sind Lernfabriken und -labore sowie Forschungs- oder Lernwerkstätten, die als Leuchtturmprojekte auch im Rahmen der Lehramtsausbildung und beruflichen Bildung Anwendung finden (Zinn 2014) Die Fundierung, Begleitung und Evaluierung solcher Konzepte kennzeichnet zunehmend das wissenschaftliche Handlungs- und Betrachtungsfeld der Technikdidaktik (Pittich, Weber & Stojanovic 2016).

2.3 Status der Technikdidaktik als wissenschaftliche Disziplin

In den vergangenen Jahren wurden nicht selten Professuren im Bereich der Technikdidaktik umgewidmet, rein fachwissenschaftlich oder berufspädagogisch ausgerichtet und gar nicht wiederbesetzt (Deutsche Telekom Stiftung 2013). Die fachdidaktische Forschung führt nahezu ein „Schattendasein“, denn wissenschaftliche Veröffentlichungen sind in diesem Bezugsraum unterrepräsentiert und finden häufig nur als Randthemen in den flankierenden Fachwissenschaften statt (Tenberg 2015, S. 7f.). Als Folge ergeben sich u. a. deutliche Nachwuchsprobleme. Die Zahl der Qualifikationsstellen im Bereich der Technikdidaktik ist – anders als in anderen Fachdidaktiken – rückläufig (Deutsche Telekom Stiftung 2013). Dies führt dazu, dass sich gute AbsolventInnen eher für den sicheren Weg in die Schule entscheiden, als für eine mit entsprechenden Unsicherheiten verbundene wissenschaftliche Laufbahn (ebd.).

Für eine Einschränkung dieser Entwicklungen setzen sich bspw. Interessengesellschaften und -verbände wie den Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung (DGTB) oder Stiftungen wie die Deutsche Telekom Stiftung ein. Zunehmend wird aber deutlich, dass neben den Perspektiven einer allgemeinbildenden Technikdidaktik und einer Technikdidaktik der beruflichen Bildung (Tenberg 2011, S. 42) die Dimension einer technisch akzentuierten Hochschuldidaktik an Bedeutung gewinnt. Weitet sich hier der Blickwinkel, ermöglichen

Forschungskooperationen insbesondere in Bereichen moderner und innovativer Lern- und Lehrkonzepte im Rahmen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge einen neuen Aufschwung auch für die klassische Fachdidaktik.

3 Ingenieurdidaktik: Hochschuldidaktik der Ingenieur- und Technikwissenschaften

Gerade in den Ingenieurwissenschaften existiert eine alte und mächtige Tradition eines Lehrstils, der dozentenorientiert ist und somit wenig Raum für intrinsische Lehrmotivation lässt (Wilkesmann & Lauer 2015). Dabei hat die Verbesserung der Lehre durch *Engineering Education Research* als eigenständiges akademisches Praxis- und Forschungsfeld insbesondere in den USA eine lange Tradition, die sich mit der Gründung der *American Society for Engineering Education* (ASEE) im Jahr 1893 und des *Journal of Engineering Education* (JEE) 1913 einen fachlich-institutionellen Rahmen gab. Im Jahr 1918 verfasste Charles Riborg Mann mit „A Study of Engineering Education“ eine erste umfangreiche Analyse des ingenieurwissenschaftlichen Lehrens und Lernens in den USA (Mann 1918). Schon damals wurden auch heute noch aktuelle Themen wie die Professionalisierung der Lehrenden, Stofffülle, Studierbarkeit der Curricula, Vermittlung des Bigger Picture, Attraktivität des Studiums, hohe Abbruchquoten, Labordidaktik, Praxisbezug, Erwartungen der Industrie oder die als notwendig erachtete umfassende Allgemeinbildung von künftigen IngenieurInnen diskutiert und Vorschläge zur Verbesserung der ingenieurwissenschaftlichen Lehre unterbreitet.

In den letzten 35 Jahren hat sich *Engineering Education Research* (EER) vor allem als ein international vernetztes Forschungsfeld etabliert. In der Folge wurden weltweit – mit Ausnahme von Deutschland – spezielle *Engineering Education Research & Teaching Centers* eingerichtet und in der *International Federation of Engineering Education Societies* (IFEES) als Dachverband engagiert sich eine Vielzahl von nationalen und internationalen Forschungsgesellschaften.² Die Verbesserung der Ausbildung von Studierenden und die Weiterbildung von Ingenieuren durch die Ergebnisse der EER wurde und wird dabei als entscheidend für die Lösung großer technischer Herausforderungen gesehen (Borrego & Bernhard 2011; Graaff 2016).

In Deutschland wurde diese Entwicklung erst 2006 durch die Gründung von *4ING*, dem *Dachverein der Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik an Universitäten*, und später durch die *Stiftung Mercator* gemeinsam mit der *Volkswagen-Stiftung* aufgegriffen, die mit *TeachING-LearnING.EU* zwischen 2010 und 2014 den Aufbau des ersten Kompetenz- und Dienstleistungszentrums für das Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften förderten (Tekkaya et al. 2013). Diese Entwicklung wird mit dem im Qualitätspakt Lehre geförderten Projekts *ELLI – Exzellentes Lehren und Lernen in der Ingenieurausbildung* (Frerich et al. 2017) zunächst bis 2020 verstetigt.

² Zu nennen sind vor allem die American Society of Engineering Education (ASEE), die Education Society des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), die Europäische Gesellschaft für Ingenieurbildung (SEFI), und die Internationale Gesellschaft für Ingenieurpädagogik (IGIP). 2015 hat sich innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik (DGHD) die AG Ingenieurdidaktik gegründet.

3.1 Institutionelle Einbindung

Durch die dritte Säule des Qualitätspakts Lehre wurden Einzel- und Verbundprojekte an mehr als 50 Universitäten³ und Hochschulen im Bereich der Verbesserung der Lehre in den Ingenieurwissenschaften gefördert. Ingenieurdidaktisches Personal arbeitet dabei in erster Linie im Mittelbau an wissenschaftlichen Einrichtungen und Servicezentren als sogenannte *Third Sphere Professionals* zwischen dem wissenschaftlichen Kernbereich und der Verwaltung. An der TU Dortmund wurde 2011 die Forschungsgruppe Ingenieurdidaktik am Zentrum für Hochschulbildung (zhb) gegründet und ist seitdem erfolgreich als Verbundpartner in nationalen und internationalen Forschungsprojekten zu Ingenieurdidaktik tätig⁴.

Im Gegensatz zur internationalen Entwicklung existieren in Deutschland aber bisher keine Professuren und Lehrstühle mit der Denomination Ingenieurdidaktik.

3.2 Ingenieurdidaktische Forschung und Weiterbildung

Theoretisch und methodisch orientiert sich die Ingenieurdidaktik als Teil der Hochschuldidaktik im Bezugsfeld der pädagogischen, psychologischen, sozial- und kulturwissenschaftlichen Disziplinen mit einer starken ingenieur- und technikkwissenschaftlichen Fokussierung. Sie integriert dabei gegenwärtig Erkenntnisse und Vorgehensweisen aus den Bereichen:

- hochschuldidaktische Forschung (Jahnke & Wildt 2011; DGHD 2016)
- Engineering Education Research (Johri & Olds 2014; Sheppard, Macatangay, Colby & Sullivan 2009; Tekkaya et al. 2016)
- technology enhanced learning (Goggins, Jahnke & Wulf 2013; Jahnke 2016)
- Kreativitätsforschung und Kreativitätsförderung (Haertel & Terkowsky 2016; Cropley 2015; Terkowsky & Haertel 2013)
- hochschulische Organisationsforschung (Wilkesmann & Schmid 2012; Leisyte & Wilkesmann 2016)

Unbeschadet der Erkenntnisfunktion versteht sich die Ingenieurdidaktik als ein anwendungsorientiertes und handlungsentwickelndes Wissenschaftsgebiet.⁵ Diese Perspektive lässt sich in zwei Gruppen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und zwei Strategien der Professionalisierung unterscheiden.

³ Darunter auch die TU9, ein Zusammenschluss neun führender Technischer Universitäten in Deutschland, siehe: <http://www.tu9.de/>

⁴ <http://www.zhb.tu-dortmund.de/zhb/Wil/de/Aktuelles/Forscherguppe-Ingenieurdidaktik/index.html>, Stand vom **hier fehlt ein Datum**.

⁵ Für anwendungsorientierte und handlungsentwickelnde Fallstudien siehe z. B. Terkowsky, Haertel, Ortelt, Radtke & Tekkaya (2016) oder Terkowsky, Haertel, Bielski & May (2013).

3.2.1 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

Vorhaben *gestaltungsbasierter Forschung und Entwicklung* („Design Based Research“ (Wang & Hannafin 2005)) zielen darauf ab, unter Beteiligung der Interessengruppen und unter Einsatz theoretischer und methodischer Erkenntnismittel wissenschaftlich begründete Handlungsmuster für das didaktische Design von ingenieurwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen, Lernsituationen, soziotechnischen Systemen, interaktiven Medien, Modulen oder Studiengängen zu entwickeln, zu erproben und formativ zu evaluieren.⁶

Vorhaben der *innerinstitutionellen Hochschulforschung* richten ihren Fokus auf die empirisch-analytische Erforschung von historischen oder aktuellen Entwicklungen, Bedingungskonstellationen, Strukturen, Prozessen oder Akteuren in Lehre, Studium und deren Organisation. In der Praxis erweisen sich hierbei Mixed-Methods-Ansätze und ethnographische Verfahren als sehr nützlich (Wilkesmann 2016). Die Forschungsergebnisse erweitern das Reflexionspotential und können ihre Wirksamkeit durch Einbettung in Monitoring-Prozesse von Lehre, Studium und deren Organisation entfalten.⁷

3.2.2 Strategien der ingenieurdidaktischen Professionalisierung

Die Beratungs- und Workshop-Angebote richten sich an Lehrende in den Ingenieurwissenschaften. Es handelt sich sowohl um Einzelveranstaltungen als auch um Teile von umfassenden Zertifikats-Programmen. Langfristiges Ziel dieser Aktivitäten ist es, eine Kultur des „Scholarship of Teaching and Learning in Engineering“ (Wankat, Felder, Smith & Oreovicz 2002) zu etablieren und so die Lehrkompetenz zu fördern.

Etabliert ist mittlerweile auch die auf Professionalisierung von Professionals ausgerichtete „DOSS: Dortmund Spring School for Academic Developers“, die auch Weiterbildungsangebote und Austauschformate für Professionals der Ingenieurdidaktik anbietet (Heiner et al. 2016).

4 Technik- und Ingenieurdidaktische Angebote für Studierende

Aktuell zeigt sich, dass Themenfelder der *Technikdidaktik* zunehmend auch auf das Interesse von Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Fächer stoßen. Ihr zukünftiges berufliches Handlungsfeld umfasst im Rahmen von Führungsaufgaben auch das Unterweisen und lernwirksame Anleiten von MitarbeiterInnen in Arbeitsprozessen sowie ggf. deren berufliche Aus- und Weiterbildung. Entsprechende überfachliche Lern- und Lehrangebote zur Vermittlung allgemeiner didaktischer und methodischer Grundla-

⁶ Ein Beispiel für den DBR-Ansatz in den Ingenieurwissenschaften siehe z. B. das EU Projekt „PeTEX – Platform for eLearning and Telemetric Experimentation“ Jahnke, Terkowsky & Pleul (2011) und Terkowsky et al. (2013).

⁷ Ein Beispiel dafür ist die Studie der acatech mit dem Titel „Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab“ (Tekkaya et al. 2016).

gen von Lern- und Lehrprozessen in technischen Themenbereichen werden verstärkt von Studierenden nachgefragt.

Bei *ingenieurdidaktischen Angeboten für Studierende* stehen weniger ingenieurwissenschaftliche Inhalte als vielmehr (Arbeits-)Methoden und fachübergreifende Schlüsselkompetenzen im Fokus (Junge 2009). So können bspw. in internet-basierten transnationalen Lehrveranstaltungen Studierende interkulturell mit- und voneinander lernen (May & Tekkaya 2016). Im Seminar „Procrastination Fighters“ werden Ansätze zur Reduzierung von „Aufschieberitis“ ausprobiert, untersucht und bewertet. Im Lehrangebot „Kreativität in den Ingenieurwissenschaften“ werden die Studierenden an den Stand der Forschung dieses Themas herangeführt und nehmen eine eigene kleine empirische Arbeit dazu vor (Haertel & Terkowsky 2016). Auch das Thema Entrepreneurship gewinnt an Bedeutung. Ein exemplarisches Lehrangebot, das Elemente der bekannten TV-Show „Die Höhle der Löwen“ (bzw. des US-Originals „Shark Tank“) mit dem kreativen Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur 2010) verbindet, fördert seit 2015 das unternehmerische Denken von Studierenden der Ingenieurwissenschaften an der TU Dortmund (Haertel, Terkowsky & May 2016).

Im Rahmen des Projektes ELLI wird darüber hinaus am zhb der TU Dortmund die *Forschungswerkstatt* betrieben, die neben tutoriell begleiteten Öffnungszeiten zu Fragen rund um das wissenschaftliche Arbeiten insbesondere Workshops zu Schlüsselkompetenzen anbietet (May & Ossenberg 2015).

Gleichzeitig gibt es eine Vielzahl von Projekten und Initiativen, die Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge auch den Abschluss als „Master of Education“ und damit den Weg in das Lehramt an Berufskollegs näherbringen. Diese Möglichkeiten eines direkten Übergangs und das gemeinsame Lernen von Studierenden in ingenieurwissenschaftlichen Fächern und Lehramtsstudiengängen weichen die Grenzen zwischen „ProblemlöserInnen“ und „VermittlerInnen“ zunehmend auf und machen neue Perspektiven moderner Technik- und Ingenieurdidaktik deutlich.

5 Zusammenfassung

Während Technikdidaktik als Fachdidaktik ein Teil der disziplinär organisierten Lehramtsausbildung darstellt und damit in erster Linie Studierende zu künftigen LehrerInnen für technische Unterrichtsfächer mit dem Ziel der Integration fachlichen Wissens in schulischen Unterricht ausbildet, profiliert sich gegenwärtig unter der Bezeichnung Ingenieurdidaktik zunehmend eine fachbezogene Hochschuldidaktik der Ingenieurwissenschaften. Sie zielt auf die Verbesserung des Lehrens und Lernens in den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen und ist Teil der hochschuldidaktischen Hochschulforschung, Beratung und Weiterbildung. Dazu befasst sie sich mit der Analyse, Reflexion und Gestaltung von Lehre und Studium in den Ingenieur- und Technikwissenschaften. Es zeigt sich aber, dass neben den disparaten Adressatengruppen beider Didaktiken in deren Schnittmenge eine Vielzahl von Angeboten für Studierende zur Förderung von Schlüsselkompetenzen entwickelt wurde und weiter entwickelt werden.

Literatur

- acatech. (2009). *Strategie zur Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft: Handlungsempfehlungen für die Gegenwart, Forschungsbedarf für die Zukunft*. acatech BEZIEHT POSITION: Vol. 4. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- AG Ingenieurdidaktik. (2016). AG Ingenieurdidaktik: Fachbezogene Hochschuldidaktik für die Ingenieurwissenschaften. <http://www.dghd.de/ag-ingenieurdidaktik.html>, Stand vom 04.11.2016.
- ASIIN. (2011). FACHSPEZIFISCH ERGÄNZENDE HINWEISE: zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen des Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik und des Chemieingenieurwesens, Stand vom 09.12.2011.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften (ZfE)*, 9(4), 469–520.
- Borrego, M. & Bernhard, J. (2011). The Emergence of Engineering Education Research as an Internationally Connected Field of Inquiry. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 14–47.
- Cropley, D. H. (2015). *Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems. Explorations in creativity research*. Burlington: Elsevier Science. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1934457>, Stand vom 04.11.2016.
- Deutsche Telekom Stiftung. (2013). Der Technikdidaktik mangelt es an Nachwuchs: Pressemitteilung vom 31.07.2013. <https://www.telekom-stiftung.de/de/presse/pressemitteilung/372>, Stand vom 04.11.2016.
- DGHD. (2016). Positionspapier 2020 zum Stand und zur Entwicklung der Hochschuldidaktik: Erarbeitet vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik dghd unter Berücksichtigung von Kommentaren der dghd-Mitglieder. <http://www.dghd.de/positionspapier.html>, Stand vom 04.11.2016.
- Frerich, S., Meisen, T., Richert, A., Petermann, M., Jeschke, S., Wilkesmann, U. & Tekkaya, A. E. (Hrsg.) (2017). *Engineering Education 4.0: Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences*. Schweiz: Springer.
- Goggins, S. P., Jahnke, I. & Wulf, V. (Hrsg.). (2013). *Computer-Supported Collaborative Learning at the Workplace: CSCL@Work*. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer.
- Graaff, E. de. (2016). Developments in Engineering Education and Engineering Education Research in Europe. In: M. Abdulwahed, M. O. Hasna, & J. E. Froyd (Hrsg.), *Advances in Engineering Education in the Middle East and North Africa. Current Status, and Future Insights* (1st ed., pp. 11–33). Cham, s.l.: Springer International Publishing.
- Hacker, W. (1989). Vollständige vs. unvollständige Arbeitstätigkeiten. In: S. Greif, H. Holling, & N. Nicholson (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen* (463–466). Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.
- Haertel, T. & Terkowsky, C. (Hrsg.). (2016). Creativity in Engineering Education [Special issue]. *International Journal of Creativity & Problem Solving*, 26(2). Hangaram Core #209, Myeongdeok-ro 368, Suseong – gu, Daegu 706–832, KOREA: The Korean Association for Thinking Development.
- Haertel, T., Terkowsky, C. & May, D. (2016). The Shark Tank Experience: How Engineering Students Learn to Become Entrepreneurs. In: *2016 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. ASEE Conferences.
- Hein, C. & Schulte, H. (2009). Position zu ländergemeinsamen Inhalten in der Techniklehrausbildung. In: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V. (Hrsg.), *Inhaltsfelder und Themen zeitgemäßen Technikunterrichts*, 87–96.
- Heiner, M., Baumert, B., Dany, S., Haertel, T., Quellmelz, M. & Terkowsky, C. (Hrsg.). (2016). *Blickpunkt Hochschuldidaktik. Was ist „Gute Lehre“?: Perspektiven der Hochschuldidaktik*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Jahnke, I. (2016). *Digital didactical designs: Teaching and learning in CrossActionSpaces*. New York: Routledge.
- Jahnke, I., Terkowsky, C. & Pleul, C. (2011). Wechselwirkungen hochschuldidaktischer Konzepte in fachbezogenen, Medien-integrierten Lehr-/Lern-Kulturen: Forschungsbasierte Gestaltung. In: I. Jahnke & J. Wildt (Eds.), *Blickpunkt Hochschuldidaktik: Vol. 121. Fachbezogene und fachübergreifende Hochschuldidaktik* (177–189). Bielefeld: Bertelsmann.

- Jahnke, I. & Wildt, J. (Hrsg.). (2011). *Blickpunkt Hochschuldidaktik. Fachbezogene und fachübergreifende Hochschuldidaktik*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Johri, A. & Olds, B.M. (2014). *Cambridge handbook of engineering education research*. New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Junge, H. (2009). Projektstudium als Beitrag zur Steigerung der beruflichen Handlungskompetenz in der wissenschaftlichen Ausbildung von Ingenieuren: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Dr.-Ing. an der Fakultät Raumplanung, Technische Universität Dortmund. <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/26213/1/Dissertation.pdf>, Stand vom 04.11.2016.
- Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer: Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens: Gutachten im Auftrag der Deutsche Telekom Stiftung. www.telekom-stiftung.de/Klemmstudie, Stand vom 04.11.2016.
- Leisyte, L. & Wilkesmann, U. (Hrsg.). (2016). *Organizing academic work in higher education: Teaching, learning and identities* (First published.). New York, NY: Routledge.
- Leroy, N., Bressoux, P., Sarrazin, P. & Trouilloud, D. (2007). Impact of teachers' implicit theories and perceived pressures on the establishment of an autonomy supportive climate. *European Journal of Psychology of Education*, 22(4), 529–545.
- Lütjens, J. (1999). Berufliche Erstausbildung in komplexen Lehr- und Lernsituationen: Über die Entwicklung eines berufsfeldübergreifenden Lernfabrikkonzeptes PAULA (Produktionsprozessorientierte AUSBildung in der LernFabrik). In: A. Schelten, P.F.E. Sloane & G. A. Straka (Hrsg.), *Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE). Berufs- und Wirtschaftspädagogik im Spiegel der Forschung. Forschungsberichte des DGfE-Kongresses 1998* (69–81). Wiesbaden, s.l.: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mann, C.R. (1918). *A Study of Engineering Education*. Prepared for the Joint Committee on Engineering Education of the National Engineering Societies. Bulletin Number Eleven. Boston: The Merrymount Press.
- May, D. & Ossenberg, P. (2015). Organizing, performing and presenting scientific work in engineering education with the help of mobile devices. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 9(4), 56–63.
- May, D. & Tekkaya, A. E. (2016). Using Transnational Online Learning Experiences for Building International Student Working Groups and Developing Intercultural Competences. In: American Society for Engineering Education (Hrsg.), *2016 ASEE Annual Conference & Exposition. Jazzed about Engineering Education*. <https://www.asee.org/public/conferences/64/papers/15001/view>, Stand vom 04.11.2016.
- Osterwalder, A. & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Petermann, M., Jeschke, S., Tekkaya, A. E., Müller, K., Schuster, K. & May, D. (Hrsg.). (2012). Teach ING-Learn ING.EU Fachtagung Learn ING by Do ING – Wie steigern wir den Praxisbezug im Ingenieurstudium?: 19.06.2012 Ruhr-Universität Bochum.
- Pittich, D. (2013). *Diagnostik fachlich-methodischer Kompetenzen*. Zugl.: Darmstadt, Univ., Diss., 2013. *Reihe Wissenschaft: Vol. 37*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl.
- Pittich, D., Weber, C. & Stojanovic, R. (2016). Betriebliches Kompetenzmanagement im Kontext des demografischen Wandels – Konzept und erste Befunde. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 45–63. <http://www.journal-of-technical-education.de/index.php/joted/article/view/69>, Stand vom 04.11.2016.
- Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y. & Kaplan, H. (2007). Autonomous motivation for teaching: How self-determined teaching may lead to self-determined learning. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 761–774.
- Sheppard, S.D., Macatangay, K., Colby, A. & Sullivan, W.M. (2009). *Educating engineers: Designing for the future of the field. The preparation for professions series*. San Francisco, Calif.: Jossey-Bass.
- Tekkaya, A. E., Jeschke, S., Petermann, M., May, D., Friese, N., Ernst, C., Lenz, S., Müller, K. & Schuster, K. (Hrsg.). (2013). *TeachING-LearnING.EU discussions. Innovationen für die Zukunft der Lehre in den Ingenieurwissenschaften*. Aachen: TeachING-LearnING.EU.
- Tekkaya, A. E., Wilkesmann, U., Terkowsky, C., Pleul, C., Radtke, M. & Maevus, F. (Hrsg.). (2016). *acatech Studie. Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung: Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab : acatech Studie*. München: Herbert Utz Verlag GmbH.

- Tenberg, R. (2011). *Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen: Theorie und Praxis der Technikdidaktik. Berufspädagogik*. Stuttgart: Steiner.
- Tenberg, R. (2015). 3 Jahre JOTED – eine Standortbestimmung der Herausgeber: Editorial. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(1), 7–12.
- Terkowsky, C. & Haertel, T. (2013). Fostering the Creative Attitude with Remote Lab Learning Environments: An Essay on the Spirit of Research in Engineering Education. *International Journal of Online Engineering (ijOE)*, 9(S5), 13.
- Terkowsky, C., Haertel, T., Bielski, E. & May, D. (2013). Creativity@School: Mobile Learning Environments Involving Remote Labs and E-Portfolios. A Conceptual Framework to Foster the Inquiring Mind in Secondary STEM Education. In: J. García-Zubía & O. Dziabenko (Hrsg.), *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments* (pp. 255–280). Bilbao, Spain: University of Deusto Bilbao.
- Terkowsky, C., Haertel, T., Ortelt, T.R., Radtke, M. & Tekkaya, A.E. (2016). Creating a place to bore or a place to explore? Detecting possibilities to establish students' creativity in the manufacturing engineering lab. *International Journal of Creativity & Problem Solving*, 26 (2).
- Terkowsky, C., Jahnke, I., Pleul, C., May, D., Jungmann, T. & Tekkaya, A.E. (2013). PeTEX@Work. Designing CSCL@Work for Online Engineering Education. In: S.P. Goggins, I. Jahnke & V. Wulf (Hrsg.), *Computer-Supported Collaborative Learning Series: Vol. 14. Computer-Supported Collaborative Learning at the Workplace. CSCLWork* (pp. 269–292). New York: Springer.
- Wang, F. & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23.
- Wankat, P.C., Felder, R.M., Smith, K.A. & Oreovicz, F.S. (2002). The Scholarship of Teaching and Learning in Engineering. In: M.T. Huber (Ed.), *Disciplinary styles in the scholarship of teaching and learning. Exploring common ground*. Washington DC: American Assoc. for Higher Education [u.a.].
- Wilkesmann, U. (2016). Methoden und Daten zur Erforschung spezieller Organisationen: Hochschulen. In: S. Liebig, W. Matiaske & S. Rosenbohm (Hrsg.), *Handbuch Empirische Organisationsforschung* (1–24). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Wilkesmann, U. & Lauer, S. (2015). What affects the teaching style of German professors?: Evidence from two nationwide surveys. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(4), 713–736.
- Wilkesmann, U. & Schmid, C.J. (Hrsg.). (2012). *Organisationssoziologie. Hochschule als Organisation*. Wiesbaden: Springer VS.
- Zinn, B. (2014). Lernen in aufwendigen technischen Real-Lernumgebungen – eine Bestandsaufnahme zu berufsschulischen Lernfabriken. *Die berufsbildende Schule (BbSch)*, 66(1), 23–26.