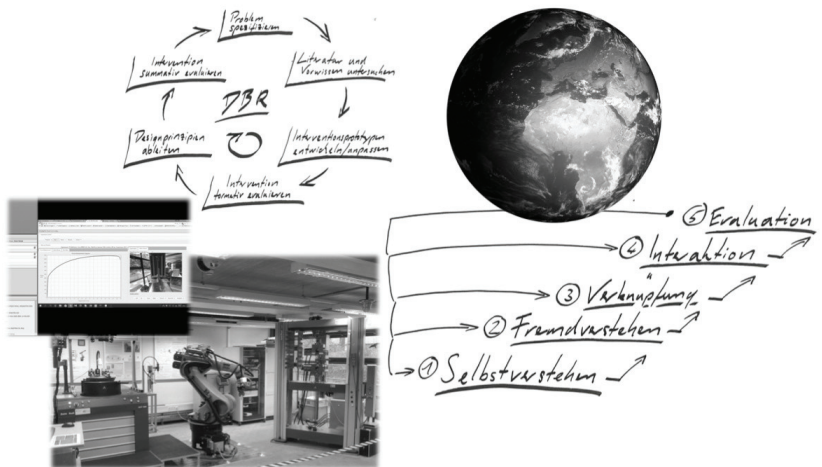


Dominik May

Globally Competent Engineers

Internationalisierung der Ingenieurausbildung
am Beispiel der Produktionstechnik



Globally Competent Engineers

Internationalisierung der Ingenieurausbildung am Beispiel der Produktionstechnik

Der Fakultät Maschinenbau
der Technischen Universität Dortmund
zur Erlangung des Grades
Doktor-Ingenieur
genehmigte Dissertation

von
Dipl.-Wirt.-Ing. Dominik May
aus
Hagen (Westf.)

Vorsitzender der Prüfungskommission: Jun. Prof. Dr.-Ing. habil. Sandra Klinge
Berichter: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya
Mitberichter: Prof. Dr. Uwe Wilkesmann
Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Künne
Tag der mündlichen Prüfung: 26. Oktober 2017

Dortmunder Umformtechnik

Band 95

Dominik May

Globally Competent Engineers

Internationalisierung der Ingenieurausbildung
am Beispiel der Produktionstechnik

D 290 (Diss. Technische Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Dortmund, Technische Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5615-0

ISSN 1619-6317

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter im Bereich der Ingenieurdidaktik am Zentrum für Hochschulbildung (zhb) der Technischen Universität Dortmund, welche durch eine enge Kooperation mit dem Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) geprägt war. Während dieser Zeit hat die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Lehren und Lernen in ingenieurwissenschaftlichen Fächern in Deutschland und besonders an der TU Dortmund im Rahmen einer Vielzahl von Projekten einen Schub erfahren. Diesen Prozess voranzutreiben und in unterschiedlichen Teams sowie hochschulübergreifenden Kooperationen zu gestalten, hat meine Arbeit daher im Besonderen bestimmt.

Obwohl eine Promotion auf der eigenständigen und individuellen wissenschaftlichen Arbeit der oder des Promovierenden beruht, wäre die Anfertigung einer Dissertation ohne die mittelbare und unmittelbare Unterstützung von vielen Seiten kaum vorstellbar. Dies gilt vor allem für interdisziplinäre Fragestellungen, wie sie in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden.

In erster Linie möchte ich mich daher bei meinen Gutachtern Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Eрман Tekkaya und Prof. Dr. Uwe Wilkesmann bedanken. Sie haben mir diese Arbeit nicht nur ermöglicht, sondern mit ihrer fachlichen Perspektive die Erstellung dieser Arbeit in besonderer Weise unterstützt. Auch haben sie mit der Betreuung dieser Arbeit, welche gezielt auf der Nahtstelle zweier Fachgebiete angesiedelt ist, den Mut bewiesen, proaktiv über Fächergrenzen hinaus zu denken und dies auch innerhalb der eigenen Fachdisziplin zu vertreten. Für die Mitwirkung in der Prüfungskommission möchte ich mich ebenfalls bei Jun. Prof. Dr.-Ing. habil. Sandra Klinge und Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Künne bedanken.

Ferner gilt mein Dank auch Jeanette Brandt und Nina Polak für jegliche organisatorische Unterstützung in der Endphase der Promotion sowie Beate Ulm-Brandt für das Lektorat.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinen ehemaligen und derzeitigen Kolleginnen und Kollegen an der TU Dortmund, welche mich über die letzten Jahre hinweg begleitet haben. Sie haben mir in unzähligen Gesprächen mit fachlichem sowie persönlichem Rat, Denkanstößen, konstruktiver Kritik, aber auch Ermutigung in vielfältiger Weise zur Seite gestanden, damit ebenfalls zum Gelingen dieser Arbeit entscheidend beigetragen und letztlich den Verlauf meiner wissenschaftlichen Laufbahn maßgeblich geprägt. Besonders hervorheben möchte ich in diesem Zusammenhang Kolleginnen und Kollegen, mit denen mich mittlerweile neben der professionellen auch eine freundschaftliche Beziehung verbindet. Hier sind vor allem Dr. Tobias Haertel, Claudius Terkowsky, Tobias R. Ortelt, Prof. Dr.-Ing. Thorsten Jungmann, Philipp Osenberg, Sandra Lenz, Monika Radtke, Silke Frye, Nina Friese und Karsten Lensing zu nennen. Ich danke euch von Herzen!

Dominik May, Dortmund, Oktober 2017

Inhaltsübersicht

Für Ingenieurinnen und Ingenieure in Wirtschaft und Wissenschaft kommt der Fähigkeit, in internationalen Zusammenhängen zu denken und zu handeln, eine zunehmend bedeutende Rolle zu. Absolventinnen und Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge auf dieses Arbeitsumfeld vorzubereiten, ist daher eine der Herausforderungen heutiger Lehr-Lernentwicklung. Im Fokus dieser Arbeit steht daher die empirisch basierte Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer Lehr-Lernveranstaltung im Bereich der Produktionstechnik. Dabei wird folgende Frage beantwortet:

- Wie können Ingenieurinnen und Ingenieure im Bereich der Produktionstechnik an Hochschulen zielgerichtet ausgebildet werden, sodass sie in zunehmend internationalen Arbeitskontexten sicher, professionell und erfolgreich agieren?

Die Arbeit bewegt sich an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften und Hochschuldidaktik und verknüpft beide Perspektiven gewinnbringend miteinander. Ausgehend vom Status quo der Hochschulausbildung im Bereich der Produktionstechnik und unter Berücksichtigung hochschuldidaktischer Modelle der Lehr-Lernplanung wird auf Basis einer ausführlichen Literaturstudie und einer Expertenbefragung ein ingenieurspezifisches Modell interkultureller Kompetenz entwickelt. Das Modell beschreibt die sequenzielle Entwicklung interkultureller Kompetenz im Kontext der ingenieurwissenschaftlichen Arbeit, ausgehend von einem Selbst- und Fremdverstehen, über die Verknüpfung kultureller Referenzrahmen bis hin zur Erweiterung von individuellen Handlungsoptionen in Bezug auf interkulturelle Interaktion sowie dessen Evaluation.

Im Rahmen einer Online-Lehr-Lernveranstaltung wird das entwickelte Kompetenzmodell nutzbar gemacht und mithilfe onlinebasierter Kommunikationsmedien sowie der Einbindung einer teleoperativen Prüfzelle am Institut für Umformtechnik und Leichtbau an der Technischen Universität Dortmund auf ein konkretes Beispiel übertragen. Die teleoperative Prüfzelle erlaubt es dabei, physisch reale ingenieurwissenschaftliche Versuche über das Internet durchzuführen. In der entwickelten Lehr-Lernveranstaltung bilden internationale Studierende digital vernetzte Arbeitsgruppen, in welchen sie gemeinsam ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen bearbeiten und dabei im Kursverlauf ihre interkulturelle Kompetenz erweitern.

Im Rahmen eines holistischen Evaluationsansatzes, welcher sowohl die Entwicklung interkultureller Kompetenz als auch die Nutzung der Prüfzelle betrachtet, wird mithilfe von Fragebögen und Beobachtungen die Zielerreichung nachgewiesen. Mit diesem Ansatz der Internationalisierung on the Web und den darüber hinaus erzielten Ergebnissen stärkt die Arbeit die zukunftsorientierte Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren in Deutschland und leistet damit einen Beitrag zum globalen wirtschaftlichen Fortschritt.

Abstract

For engineers in industry and science, the ability to think and act in international contexts plays an increasingly important role. Thus, to prepare engineering graduates for this work environment is one of the challenges of today's teaching and learning development. In this context, the thesis focuses the empirically based development, implementation and evaluation of a higher education course in the field of production engineering. The following question is answered:

- How can engineers in the field of production engineering be trained target-oriented at universities so that they can operate safely, professionally and successfully in increasingly international working contexts?

The thesis is moving on the interdisciplinary interface between the engineering disciplines and higher education. Starting with the status quo of higher education in the field of production engineering and taking into account models of teaching and learning development, a model of engineering specific intercultural competency is developed. A comprehensive literature study and expert interviews guide this work. The model is based on the sequential development of intercultural competencies. The process starts from self-understanding and understanding others, through the linkage of cultural reference frames, finally aiming at the extension of individual options for intercultural interaction and their evaluation.

Within the designed online course, the competence development model is applied to an explicit example. In addition, the use of online-based communication media as well as the integration of a tele-operative testing cell at the Institute of Forming Technology and Lightweight Components at TU Dortmund University is a special consideration. This tele-operative testing cell allows physically real engineering experiments to be carried out via the Internet, without being personally in the laboratory. In the developed course, international students form digitally connected working groups, in which they work on realistic engineering problems and extend their intercultural competence at the same time.

With the help of a holistic evaluation approach, which considers the online-based intercultural competency development as well as the testing cell's use, questionnaires and observations are used to prove the target attainment. With this approach of internationalization on the web and the additionally achieved results, this thesis strengthens the future-oriented engineering education in Germany and thereby contributes to global economic progress.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xv
Tabellenverzeichnis	xix
Abkürzungsverzeichnis	xxi
Formelzeichenverzeichnis	xxiii
1 Einleitung	1
1.1 Herausforderungen an die Ingenieurausbildung	3
1.1.1 Perspektive der Wirtschaft	3
1.1.2 Perspektive der Bildungspolitik	4
1.2 Innovationen in der Ingenieurausbildung	6
1.2.1 Lehr-Lerninnovationen im Fachbezug	6
1.2.2 Internationalisierung mit digitalen Medien	7
2 Zielstellung der Arbeit	9
2.1 Erkenntnisinteresse und Forschungsfragen	10
2.2 Forschungsansatz	10
2.3 Struktur der Arbeit	14
3 Berufsbild und Ausbildung im Bereich der Ingenieurwissenschaften	15
3.1 Die Ingenieurprofession im Überblick	15
3.1.1 Umformtechnik als spezielles Fachgebiet der Produktionstechnik	18
3.1.2 Das Labor in der universitären Ausbildung in der Umformtechnik	21
3.2 Universitäre Ingenieurausbildung in Deutschland und Internationalisierung . .	24
3.2.1 Internationale Ingenieurstudiengänge in Deutschland	25
3.2.2 Internationale Kontexte als Thema in der Ingenieurausbildung	26
3.3 Interkulturelle Kompetenz und teleoperative Labore in der Ingenieurausbildung	29
3.3.1 Ausbildung interkultureller Kompetenz in der Ingenieurausbildung . . .	29
3.3.2 Teleoperative Labore in der Ingenieurausbildung	30
3.4 Kapitelzusammenfassung und Einordnung	31

4	Hochschuldidaktik als Wissenschaft vom Lehren und Lernen	33
4.1	Das Forschungsfeld der Hochschuldidaktik	33
4.1.1	Aufgaben und Handlungsebenen der Hochschuldidaktik	34
4.1.2	Fachübergreifende und fachbezogene Hochschuldidaktik	35
4.2	Kompetenz als Lernergebnis und zentrales Ziel von Hochschulausbildung . . .	37
4.2.1	Der Kompetenzbegriff	37
4.2.2	Kompetenzmodelle	39
4.3	Aktives Lernen als Weg zum Kompetenzerwerb	41
4.3.1	Lernen als (gemäßigt) konstruktiver Prozess	41
4.3.2	Orientierung der Lehre an Lernergebnissen	43
4.3.3	Rollenverständnis von Lehrenden und Lernenden	45
4.4	Modellierung von Lehr-Lernszenarien	46
4.4.1	Beachtung externer Rahmenbedingungen	46
4.4.2	Modellierung auf normativer, strategischer und operativer Ebene	47
4.4.3	Modellierung entlang des Constructive Alignments	48
4.4.4	Fazit: Ganzheitliche Modellierung von Lehr-Lernszenarien	49
4.5	Kapitelzusammenfassung und Einordnung	50
5	Kompetenzmodell für Global Competent Engineers	53
5.1	Trends der beruflichen Praxis und Auswirkungen auf Berufsbild und Ausbildung	53
5.1.1	Herausforderungen aus technisch-fachlicher Perspektive	54
5.1.2	Herausforderungen aus global-gesellschaftlicher Perspektive	56
5.1.3	Implikationen für Berufsbild und Ausbildung	57
5.2	Kompetenzstrukturmodelle für die Ingenieurwissenschaften	60
5.2.1	Akkreditierungsagenturen	60
5.2.2	Arbeitgeber, Berufsverbände und Industrie	62
5.3	Interkulturelle Kompetenz in der Literatur	65
5.3.1	Definition interkultureller Kompetenz	65
5.3.2	Interkulturelle Kompetenz in der Lehr-Lernforschung	69
5.3.3	Interkulturelle Kompetenz in den Ingenieurwissenschaften	71
5.4	Studie zu interkultureller Kompetenz in den Ingenieurwissenschaften	73
5.4.1	Methodisches Vorgehen	74
5.4.2	Ergebnisse der Experteninterviews	75
5.5	Ingenieurspezifisches Modell interkultureller Kompetenzenwicklung	79
5.5.1	Interkulturelle Kompetenz als Ebenenmodell	79
5.5.2	Interkulturelle Kompetenzentwicklung als Stufenmodell	80
5.6	Kapitelzusammenfassung und Einordnung	82
6	Anwendung der Kompetenzmodelle am Beispiel der Produktionstechnik	85
6.1	Externe Rahmenbedingungen: Kontext, Zielstellung und Zielgruppe	85

6.2	Normative, strategische und operative Kursplanung	86
6.2.1	Zielsetzung der Lehr-Lernveranstaltung	87
6.2.2	Didaktisches Prinzip der Lehr-Lernveranstaltung	88
6.2.3	Format und Methoden der Lehr-Lernveranstaltung	90
6.2.4	Instrumente und Medien der Lehr-Lernveranstaltung	91
6.2.5	Zwischenfazit der Kursentwicklung	96
6.3	Detailplanung entlang des Constructive Alignments	97
6.3.1	Learning Outcomes	97
6.3.2	Lehr-Lernaktivitäten	99
6.3.3	Prüfung	105
6.4	Kapitelzusammenfassung und Einordnung	106
7	Kursdurchführung und -evaluation sowie Bewertung	109
7.1	Evaluationskonzept	110
7.1.1	Evaluationsfokus	110
7.1.2	Zielsystem	110
7.1.3	Evaluationsmethoden und -werkzeuge	112
7.1.4	Evaluation im zeitlichen Verlauf und Teilnehmende	117
7.2	Evaluationsergebnisse	119
7.2.1	Ergebnisse der explorativen Vorstudie 2014	119
7.2.2	Kompetenzorientierung und Studierendenorientierung	120
7.2.3	Multiperspektivität und Internationalisierung	122
7.2.4	Integration von Theorie und Praxis	125
7.3	Kapitelzusammenfassung und Einordnung	129
8	Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick	131
8.1	Kritische Betrachtung der Vorgehensweise und der Ergebnisse	132
8.2	Fazit und Handlungsempfehlungen	134
8.3	Weiterer Forschungsbedarf und Ausblick	135
	Literaturverzeichnis	139
A	Anhang	171
A.1	Internationale ingenieurwissenschaftliche Studiengänge in Deutschland	171
A.2	Modulhandbücher und Schlüsselwörter im Rahmen der Curriculumsanalyse	178
A.3	Lernergebnisse in der Ingenieurausbildung nach ASIIN	181
A.4	Lernergebnisse in der Ingenieurausbildung nach ABET	183
A.5	Studienergebnisse des Management Centers Innsbruck und des HIS	184
A.6	Item-Listen zu Ingenieurkompetenzen für internationale Arbeitskontexte	187
A.7	Demografische Daten der Befragten im Rahmen der Experteninterviews	190

A.8 Fragebogenleitfaden der Experteninterviews	192
A.9 Zitate aus durchgeführten Experteninterviews	196
A.10 Muster BEvaKomp-Fragebogen	200
A.11 Muster Intercultural Sensitivity Scale	203
A.12 Fragebogen zu internationalen Verknüpfungen in der ingenieurwissenschaftli- chen Berufspraxis	205
A.13 Erster Fragebogen im Rahmen der Kursevaluation 2016	207
A.14 Zweiter Fragebogen im Rahmen der Kursevaluation 2016	213
A.15 Dritter Fragebogen im Rahmen der Kursevaluation 2016	216
A.16 Viertes Fragebogen im Rahmen der Kursevaluation 2016	222
A.17 Fünftes Fragebogen im Rahmen der Kursevaluation 2016	232
A.18 Demografische Daten der Kursteilnehmenden	245
A.19 Item-Übersicht GEPS-Fragebogen	248
A.20 Item-Übersicht 3LAB-Fragebogen (Lernenden-Perspektive)	249
A.21 Item-Übersicht 3LAB-Fragebogen System- und Kurs-Perspektive	250