

> Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung

Zukunftsorientierte Ansätze
aus dem Projekt IngLab

A. Erman Tekkaya, Uwe Wilkesmann,
Claudius Terkowsky, Christian Pleul,
Monika Radtke, Frauke Maevus (Hrsg.)

acatech **STUDIE**

 acatech

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

A. Erman Tekkaya, Claudius Terkowsky, Monika Radtke, Uwe Wilkesmann, Christian Pleul, Frauke Maevus (Hrsg.)

Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung

Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab

acatech STUDIE

Ebook (PDF)-Ausgabe:

ISBN 978-3-8316-7253-0 Version: 1 vom 19.09.2016

Copyright© Herbert Utz Verlag 2016

Alternative Ausgabe: Softcover

ISBN 978-3-8316-4499-5

Copyright© Herbert Utz Verlag 2016

Autorinnen und Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h.
A. Erman Tekkaya
Technische Universität Dortmund
Institut für Umformtechnik und
Leichtbau
Baroper Straße 303
44227 Dortmund

Dipl.-Päd. Claudius Terkowsky
Technische Universität Dortmund
Zentrum für Hochschulbildung
Vogelpothsweg 78
44227 Dortmund

Monika Radtke, Dipl.-Phys.
Technische Universität Dortmund
Zentrum für Hochschulbildung
Vogelpothsweg 78
44227 Dortmund

Prof. Dr. Uwe Wilkesmann
Technische Universität Dortmund
Zentrum für Hochschulbildung
Hohe Straße 141
44139 Dortmund

Christian Pleul, M. Sc., M. Eng.
Technische Universität Dortmund
Institut für Umformtechnik und
Leichtbau
Baroper Straße 303
44227 Dortmund

Dr.-Ing. Frauke Maevus
Technische Universität Dortmund
Institut für Umformtechnik und
Leichtbau
Baroper Straße 303
44227 Dortmund

Reihenherausgeber:

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2016

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel
Belgien

T +49 (0) 89 / 5 20 30 90
F +49 (0) 89 / 5 20 30 99 00

T +49 (0) 30 / 2 06 30 96 0
F +49 (0) 30 / 2 06 30 96 11

T +32 (0) 2 / 2 13 81 80
F +32 (0) 2 / 2 13 81 89

E-Mail: info@acatech.de
Internet: www.acatech.de

Empfohlene Zitierweise:

Tekkaya, A. Erman/Wilkesmann, Uwe et al.: *Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab* (acatech STUDIE), München: Herbert Utz Verlag 2016.

ISSN 2192-6174/ISBN 978-3-8316-4499-5

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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2016

Koordination: Dr. Thomas Lange, Susanne Schröder
Lektorat: Ralf Sonnenberg
Layout-Konzeption: acatech
Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS,
Sankt Augustin

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Printed in EC
Herbert Utz Verlag GmbH, München
T +49 (0) 89 / 27 77 91 00
Internet: www.utzverlag.de

> DIE REIHE acatech STUDIE

In dieser Reihe erscheinen die Ergebnisberichte von Projekten der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften. Die Studien haben das Ziel der Politik- und Gesellschaftsberatung zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

> INHALT

KURZFASSUNG	9
PROJEKT	11
1 EINLEITUNG	13
1.1 Hintergrund und Relevanz	13
1.2 Defizite	14
1.3 Resümee	15
2 STAND DER FORSCHUNG UND EIGENE VORARBEITEN	17
2.1 Stand der Forschung	17
2.2 Eigene Vorarbeiten	18
3 ZIELSTELLUNG UND ARBEITSSCHRITTE	19
3.1 Zielstellung	19
3.2 Methodische Arbeitsschritte im Projekt	20
3.2.1 Entwicklung eines Kriterienkataloges zur Laborausbildung	20
3.2.2 Ermittlung bestehender Angebote in der Fertigungstechnik	20
3.2.3 Befragung von Expertinnen und Experten	20
3.2.4 Qualitative Untersuchung von Best-Practice-Beispielen	20
3.2.5 Empfehlungen zur Gestaltung von Laborausbildung	21
3.2.6 Labordidaktisches Weiterbildungsangebot	21
4 MERKMALIDENTIFIKATION FÜR DIE LEHR-LERN-UMGEBUNG „LABOR“	23
4.1 Datenbasis	23
4.2 Vorbetrachtungen zur Ermittlung der Merkmale	23
4.2.1 Fertigungstechnik und Fertigungsverfahren	24
4.2.2 Laborausbildung in der Ingenieurwissenschaft	24
4.2.3 Employability im Kontext der Ingenieurwissenschaften	25
4.3 Ergebnisse	30
4.3.1 Allgemeine Aspekte	30
4.3.2 Fallspezifische Merkmale	32
4.4 Fazit	39

5	METHODISCHES VORGEHEN	41
5.1	Austausch und Interviews mit Expertinnen und Experten	41
5.1.1	Qualitative Expertinnen- und Experteninterviews	42
5.1.2	Schriftlicher Expertinnen- und Expertenaustausch	44
5.1.3	Auswertung der Befragungen mit „MAXQDA“	44
5.2	Qualitative Inhaltsanalyse von bestehenden Laborangeboten	45
5.2.1	Methodische Eignung – oder: warum qualitativ?	46
5.2.2	Anpassung der Inhaltsanalyse auf das „fertigungstechnische Labor“	47
5.3	Teilnehmende Beobachtung	52
5.3.1	Qualitative Beobachtung	52
5.3.2	Stichprobenbeschreibung – Auswahl von Best-Practice-Laboren	52
5.3.3	Erstellen eines Beobachtungsbogens	53
6	EXPERTINNEN- UND EXPERTENAUSTAUSCH MIT INGENIEURINNEN UND INGENIEUREN	61
6.1	Datenbasis	61
6.2	Ergebnisse	63
6.3	Fazit	71
7	ANALYSE BESTEHENDER LABORANGEBOTE	73
7.1	Auswertung der Daten	73
7.2	Allgemeine Probleme bei der Durchführung der Inhaltsanalyse	73
7.3	Befunde der qualitativen Inhaltsanalyse	74
7.3.1	„Didaktische Rampe“	75
7.3.2	„Parameterstudie“	78
7.3.3	„Handlungs- und Problemorientierung“	78
7.3.4	„Methodisch-grundlagenorientiert“	78
7.3.5	„Inhaltlich-anwendungsorientiert“	78
7.3.6	„Inhaltlich-grundlagenorientiert“	79
7.3.7	„Konstruktiv“	79
7.4	Fazit	79

8	MERKMAL-BASIERTE ANALYSE DER BEST-PRACTICE-LABORE	81
8.1	Datenbasis und methodisches Vorgehen	81
8.2	Ergebnisse der Merkmal-basierten Analyse	81
8.2.1	Labor-Typ	81
8.2.2	Didaktische Organisation der Lehr-/Lernaktivitäten im Labor	87
8.2.3	Offenheit der Aufgabenstellung und Selbstständigkeit der Bearbeitung	88
8.2.4	Problemtyp der Aufgabenstellung	90
8.2.5	Verstehensebenen im Labor	91
8.2.6	Kompetenzen im Labor	92
8.2.7	Struktur von Laborphasen und Lernzielen	93
8.2.8	Das „IngLab“ – Integrierende Darstellung aller 18 Best-Practice-Labore	105
8.3	Fazit	109
9	RESÜMEE	117
9.1	25 Gestaltungsempfehlungen zur Verbesserung der Laborausbildung	117
9.2	Gestalten von Laborveranstaltungen mit Constructive Alignment	122
9.3	Checklisten zum Gestalten und Überarbeiten von Laborveranstaltungen	122
9.4	Weiterbildung zur Gestaltung und Umsetzung von Laboren	136
	LITERATUR	137
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	147

KURZFASSUNG

Im ingenieurwissenschaftlichen Studium ist die Laborausbildung ein traditionsreiches Instrument. In Deutschland ist sie besonders umfangreich: Nur wenige ingenieurwissenschaftliche Studiengänge weltweit haben das bewährte Lehrformat mit so vielen Wochenstunden in den Curricula verankert. In Zukunft wird die ingenieurwissenschaftliche Laborausbildung noch weiter an Bedeutung gewinnen. Der technologische Wandel und die Transformation der Wirtschaft durch Industrie 4.0 und Smart Services schaffen eine neue, digitale Arbeitswelt, auf welche die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure vorbereitet werden müssen. In diesem Zusammenhang ergeben sich innovative Einsatzmöglichkeiten für virtuelle und teleoperative Labore. Zeitlich und örtlich ungebunden können die Studierenden im softwarebasierten virtuellen Labor selbstständig Experimente simulieren oder reale Experimente ferngesteuert durchführen – eine hilfreiche Ergänzung und Unterstützung des realen Laborangebots.

Das bereits bestehende Angebot ist sowohl in anwendungs- als auch in forschungsorientierten ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen von großer Relevanz: Die Laborausbildung ermöglicht den Studierenden die praktische Umsetzung theoretischer Zusammenhänge sowie das Kennenlernen von Geräten und Verfahren aus der späteren Berufswelt. Durch Experimentieren, anschließende Ergebnisinterpretation und Anwendung der Resultate eignen sich die Studierenden zudem ingenieurwissenschaftliches Fachwissen und praktische Fertigkeiten an. So lässt sich bereits während des Studiums berufsbezogene Erfahrung sammeln, von der die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure im zukünftigen beruflichen Alltag profitieren werden.

Allerdings schöpfen die Hochschulen das Potenzial ingenieurwissenschaftlicher Laborveranstaltungen in der Lehre nicht ausreichend aus. Die fachliche sowie lernförderliche didaktische Ausgestaltung bleibt häufig hinter ihren Möglichkeiten zurück. Unter anderem sind die Anforderungen, die an erfolgreiche forschungs- und anwendungsorientierte

Laborveranstaltungen gestellt werden müssen, oft unzureichend formuliert, charakteristische Merkmale von Laboren nicht bekannt, oder die Möglichkeiten fachbezogener didaktischer Gestaltung bleiben ungenutzt.

Das Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) sowie das Zentrum für Hochschulbildung (zfb) an der Technischen Universität Dortmund haben gemeinsam ein interdisziplinäres Projekt zum Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ins Leben gerufen. Ziel des Projektes „IngLab“ ist die Verbesserung des anwendungs- und kompetenzorientierten Einsatzes von Laborveranstaltungen in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen der Fertigungstechnik. Die vorliegende acatech STUDIE erarbeitet zu diesem Zweck einen Merkmalkatalog, anhand dessen Laborveranstaltungen spezifiziert werden können. In dieser umfassenden Zusammenstellung charakteristischer Merkmale sind inhaltliche und strukturelle Aspekte sowie Merkmale zum technologischen Charakter und zur didaktischen Konzeption enthalten. Sie dienen der Beschreibung und Einschätzung von Laboren und ermöglichen somit eine gezielte Modifikation bestehender sowie die Entwicklung neuer Laborveranstaltungen.

Das IngLab-Projektteam untersuchte bestehende Laborveranstaltungen und identifizierte anhand des Merkmalkataloges Best-Practice-Labore der Fertigungstechnik. Diese wurden mittels teilnehmender Beobachtung entsprechend ihrer Ausgestaltung eingeschätzt und die curriculare Einbindung geprüft. Parallel fanden Gespräche mit Expertinnen und Experten für die Entwicklung, Durchführung und Betreuung ingenieurwissenschaftlicher Labore statt. Sie sehen das Labor primär im Praxisbezug und sind in diesem Zusammenhang der Meinung, dass es Aspekte der Berufsvorbereitung, das Sammeln von Erfahrungen, das Umsetzen von Theorie im Anwendungsbezug sowie den Umgang mit Maschinen und Methoden des Experimentierens adressiert. Die tatsächliche Ausgestaltung der beobachteten Labore bestätigte diese Einschätzung teilweise, wich in einigen Fällen jedoch auch davon ab.

Anhand der erarbeiteten Wissensbasis und unter Einbeziehung zukünftiger Entwicklungen formulierte das Projektteam 25 fachlich, didaktisch und organisatorisch orientierte Gestaltungsempfehlungen für die Entwicklung und Überarbeitung von Laboren im Fokus der Fertigungstechnik. Auf diese Weise sollte die Laborausbildung Theorie und Praxis besser verknüpfen und erfahrungsbasiertes Lernen fördern. Experimente mit unerwartetem Ausgang erzeugen Aha-Effekte, welche die Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt verstärken. Um einen Bezug zum späteren Berufsleben herzustellen, sind Kooperationen mit Wirtschaft und Industrie sinnvoll. Vor dem Hintergrund der Digitalisierung der Wirtschaft und des Arbeitsumfelds sollte die Laborausbildung digitale Lehrmaterialien, teleoperative Versuche oder virtuelle Labore einsetzen. Zur didaktischen Gestaltung der Labore wird die Anwendung des Konzeptes „Constructive Alignment“ vorgeschlagen, dem zufolge die Lehrinhalte

entsprechend den gewünschten Lernergebnissen und Prüfungsmethoden ausgewählt werden.

Die sich anschließenden Checklisten dienen der Konzeption von Laborveranstaltungen unter Berücksichtigung aufeinander abgestimmter beabsichtigter Lernergebnisse, dafür notwendiger studentischer Lernaktivitäten sowie der kompetenzorientierten Prüfung. Der zuvor entwickelte und sukzessiv erweiterte Merkmalkatalog sowie die Gestaltungsempfehlungen sind in dieser Studie als labordidaktisches Weißbuch integriert. Auch Weiterbildungsangebote im Workshop-Format werden dargestellt.

Die Studie dient der nachhaltigen Verbesserung der Laborveranstaltungen und -experimente sowie labordidaktischen Vorgehensweisen in der wissenschaftlichen Ingenieurausbildung.

PROJEKT

> PROJEKTLEITUNG

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

> STV. PROJEKTLEITUNG

- Prof. Dr. Uwe Wilkesmann, Technische Universität Dortmund (seit 1. April 2012)
- Prof. (a. D.) Dr. Dr. h. c. Johannes Wildt, Technische Universität Dortmund (bis 31. März 2012)

> PROJEKTGRUPPE

- Prof. Dr. sc. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael E. Auer, Fachhochschule Kärnten
- Dipl.-Volksw., MBA Claudia Bremer, Goethe-Universität Frankfurt/Main
- Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Bruchmüller, Hochschule Ulm
- Prof. Eric De Graaff (Prof. Anette Kolmos), Aalborg University
- Prof. Dr. rer. nat. Manfred Euler, Universität Kiel
- Prof. Dr. habil. Manfred Faßler, Goethe-Universität Frankfurt/Main
- Prof. Dr.-Ing. Manfred J. Hampe, Universität Darmstadt
- Prof. Dr.-Ing. Thorsten Jungmann, FOM Hochschule Essen
- Prof. Dr. Guido Kickelbick, Universität des Saarlandes
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dr. h. c. Fritz Klocke, RWTH Aachen/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhfuß, Universität Bremen
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Ekkehard Ramm, Universität Stuttgart/acatech
- Dipl.-Kfm. Dipl.-Ing. Ralf Schierloh, Fa. Zwick/Roell

> PROJEKTTEAM

Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

- Dr.-Ing. Christoph Becker
- Matthias Heiner
- Dr.-Ing. Frauke Maevus
- Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt
- Christian Pleul, M. Sc., M. Eng.
- Dipl.-Phys. Monika Radtke
- Dipl.-Päd. Claudius Terkowsky

Studentische Hilfskräfte

- Emanuel Bielski, B. Sc.
- Jannik Grote
- Désirée Nagel

acatech dankt allen Interviewpartnerinnen und -partnern, den Einrichtungen, die ihre Laborveranstaltungen für die teilnehmenden Beobachtungen zur Verfügung gestellt haben, sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Workshops für ihr großes Engagement, die Hinweise und Anregungen.

> PROJEKTKOORDINATION

- Dr. Thomas Lange, acatech Geschäftsstelle
- Susanne Schröder, acatech Geschäftsstelle

> PROJEKTLAUFZEIT

01.12.2011 bis 31.05.2016

> FINANZIERUNG

acatech dankt dem acatech Förderverein für seine Unterstützung.

Sofern nicht anders vermerkt, beruhen alle in der STUDIE genannten Zahlen und Aussagen auf den durch das Projektteam geführten Interviews, den Ergebnissen der

Workshops sowie der Auswertung der Dokumentenanalysen und den teilnehmenden Beobachtungen.

1 EINLEITUNG

1.1 HINTERGRUND UND RELEVANZ

Die ingenieurwissenschaftliche Laborausbildung ist ein traditionsreicher und wesentlicher Bestandteil der akademischen technischen Ausbildung. Ihr kommt sowohl in anwendungs- als auch in forschungsorientierten Studiengängen eine zentrale Bedeutung zu. Die Laborausbildung umfasst insbesondere die praktische Umsetzung theoretischer Zusammenhänge als eigenes ingenieurwissenschaftliches Handeln durch

- die Durchführung und Auswertung von praktischen Versuchen,
- die Aufbereitung, Darstellung und Präsentation der erzielten Ergebnisse sowie
- die kritische Beurteilung der Ergebnisse, der gewonnenen Erkenntnisse und des eigenen Vorgehens.

Besonders in der Produktionstechnik kommt die Laborausbildung zum Einsatz, damit Studierende unterschiedlicher Erfahrungsstufen durch eigenes exemplarisches Forschungshandeln ingenieurwissenschaftliches Wissen, praktische Fertigkeiten und fachspezifische Kompetenzen erwerben und vertiefen können.

Die Bedeutung der Laborausbildung zeigt sich bereits bei Studienanfängerinnen und -anfängern, die nur selten über praktische Vorerfahrungen verfügen. Während des Studiums durchlaufen die Studierenden der Ingenieurwissenschaften eine Vielzahl von Laborveranstaltungen, in deren Rahmen sich die Lernenden in teamorientierter Weise praktisch und analytisch mit der Materialität von modernen technischen Strukturen und Prozessen auseinandersetzen sollen. Durch Experimentieren und analytisches Abstrahieren sollen Arbeitsweisen des forschungsorientierten Lernens eingeübt und vertieft sowie das wissenschaftlich-technische Selbstverständnis der bzw. des Durchführenden gefördert werden. Übergeordnetes Ziel ist die Anwendung theoretischer

Modelle in praktischen und anwendungsorientierten sowie ingenieurtechnischen Zusammenhängen.

Des Weiteren können Laborübungen nicht nur die inhärenten fachspezifischen Aspekte abbilden, sondern durch Teamarbeit, zunehmende Internationalisierung sowie Verfügbarkeit und Einsatz neuer Technologien und Medien fachübergreifende Kompetenzen (wie Teamarbeit, Problem- und Konfliktlösungsfertigkeit, dezentralisierte Kommunikation und Kollaboration) vermitteln. Nicht zuletzt besteht ein wichtiges Lernziel in der Veranschaulichung von Auswirkungen ingenieurtechnischen Handelns. Dadurch wird die Einstellung zum verantwortungsvollen Umgang mit technischem Fachwissen in einem gesamtgesellschaftlichen Kontext gefestigt.

Dass die genannten Lernziele entscheidend für das gesamte Studienziel eines Ingenieurstudiums sind, verdeutlichen die Zieldefinitionen der Akkreditierungsagentur ASIIN und verschiedener darauf bezogener ingenieurtechnischer Laborveranstaltungen. So stößt man auf Angaben wie:

„Absolventen (...) sind insbesondere fähig: (...) jeweils geeignete Experimente entsprechend dem Stand ihres Wissens und Verstehens zu planen und durchzuführen, die Daten zu interpretieren und daraus geeignete Schlüsse zu ziehen; (...) benötigte Informationen zu identifizieren, zu finden und zu beschaffen; analytische, modellhafte und experimentelle Untersuchungen zu planen und durchzuführen; Daten kritisch zu bewerten und daraus Schlüsse zu ziehen; die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien in ihrer Disziplin zu untersuchen und zu bewerten.“¹

„Ziel des Studiengangs ist es, den Studierenden die Kompetenzen zu vermitteln, mit deren Hilfe dieses Wissen und diese Methoden auf den speziellen Anwendungsfall übertragen werden können. Die Absolvent/inn/en sind zur selbstständigen wissenschaftlichen Forschung befähigt.“²

¹ ASIIN 2011.

² MMT, TU Dortmund 2010.

„Das Labor umfasst selbstorganisiertes und selbstständiges Lernen, das Herstellen von fachwissenschaftlichen und praktischen Zusammenhängen, Erhöhung der Methodensicherheit, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, Teamfähigkeit (...).“³

„Das Leichtbau-Labor umfasst das praktische Kennenlernen der Testmethoden und der Messtechnik für Strukturen (Statik und Dynamik) an Bauteilen, die Versuchsdefinition und Auswertung (...), Ergebnisinterpretation und Korrelation mit vorhandenen Rechenergebnissen.“⁴

„(...) Vorstellung physikalischer Messprinzipien und deren praktischer Anwendung in modernen Messsystemen (...). Durch (...) die aktive Teilnahme an den Laborübungen lernt der Studierende, dass das ‚Messen‘ mehr umfasst als die reine Messdatenaufnahme und erkennt, dass die Messtechnik ein integraler Bestandteil moderner Produktionsprozesse ist.“⁵

Zusammenfassend lässt sich festhalten: „The use of laboratories is essential for the education in engineering and science related fields at a high qualitative level. Laboratories allow the application and testing of theoretical knowledge in practical learning situations. Active working with experiments and problem solving does help learners to acquire applicable knowledge that can be used in practical situations. That is why courses in the sciences and engineering incorporate laboratory experimentation as an essential part of educating students.“⁶ Im Labor „(...) wird der Lernende mit der realen Welt seines späteren Berufs in Kontakt gebracht, mit den Geräten und Maschinen, Verfahren und Methoden“⁷.

Aufgrund der Relevanz der Laborausbildung für das Ingenieurstudium ist diese vielseitig und fest in das Curriculum

integriert sowie in der Regel prüfungsrelevant. Beispielsweise umfasst im akkreditierten und international ausgerichteten Studiengang „Master of Science in Manufacturing Technologie“ (MMT) der TU Dortmund der Studienplan verschiedene Laborversuche mit einer Wertigkeit von zehn ECTS-Punkten.⁸ Dies entspricht einem Umfang von 300 Stunden, was wiederum ein Drittel des Arbeitsaufwandes des gesamten dritten Semesters ausmacht. Durch das Modul „Fachlabor“ sollen praktische Fertigkeiten vermittelt und sowohl das Verständnis als auch die Anwendung der theoretischen Inhalte gefestigt werden. Dies ermöglicht den Studierenden einen Vergleich der ihnen bisher bekannten und in der industriellen Praxis eingesetzten Fertigungsverfahren mit aktuellen Entwicklungen in den einzelnen Fachbereichen. Auch lernen die Studierenden, Projekte mit mehreren Beteiligten zu organisieren und erfolgreich im Team umzusetzen. Nicht zuletzt sind Laborversuche oft integraler Bestandteil fachwissenschaftlicher Studien- und Abschlussarbeiten zum Bachelor und Master.

1.2 DEFIZITE

Die oben geschilderten Potenziale und Ziele sowie die Einordnung der Laborausbildung im Ingenieurstudium machen deutlich, welchen Beitrag das Labor für die Ingenieurausbildung leisten kann. Eine wissenschaftliche Untersuchung des realen Beitrags zur Kompetenzentwicklung angehender Ingenieurinnen und Ingenieure auf Basis entwickelter Bewertungskriterien steht zum aktuellen Zeitpunkt jedoch noch aus.

Hinzu kommt, dass entsprechend geschultes akademisches Personal vorhanden sein und die Laborausbildung adäquat im Studienverlauf platziert werden muss, um sie erfolgreich

³ MT-Labor, RUB 2010.

⁴ L-Labor, TUM 2010.

⁵ Messt.-Labor, RWTH 2010.

⁶ Auer & Pester 2007.

⁷ Bruchmüller und Haug 2001.

⁸ MMT, TU Dortmund 2010.

und zielorientiert einsetzen zu können. Ebenso ist die sozio-technisch-didaktische Konzeption ausschlaggebend. Einer nachhaltigen Laborausbildung sollte eine Beschreibung der beabsichtigten Lernergebnisse vorausgehen, auf deren Basis eine Aufgabenstellung entwickelt wird, die im Labor experiment umgesetzt wird. Eine auf wissenschaftlichen Grundlagen optimierte, didaktisch untermauerte Labor-entwurfstheorie existiert aktuell hierzu nicht – geschweige denn eine daraus abgeleitete Praxis der Qualitätsentwicklung und -sicherung des Lehrens und Lernens im Labor.

Labordidaktik ist folglich ein Forschungsdesiderat. Während andere Lehrveranstaltungsformate längst von der hochschuldidaktischen Hochschulforschung und den daraus entwickelten Weiterbildungs- und Professionalisierungsformaten in den Blick genommen wurden, bleibt die Labordidaktik hiervon weitestgehend unbehelligt. Es klafft eine große Forschungslücke zum Lehren und Lernen mit Experimenten im deutschsprachigen Raum. Erschwerend kommt hinzu, dass die wenigen Publikationen⁹ und Handreichungen entweder noch aus einer Zeit weit vor der Bologna-Reform stammen oder diese noch nicht berücksichtigen¹⁰. Deshalb lassen sich folgende Defizite, sowohl curricular wie auch didaktisch-konzeptionell, benennen:

- Es gibt keine Konzepte, die sich mit der Implementierung des Fachlabors unter den veränderten Bedingungen der gestuften und konsekutiven Studiengänge befassen.
- Es ist bisher völlig unklar, welche Anforderungen forschungs- oder anwendungsbezogene Studiengänge an die Laborausbildung stellen.
- Es gibt bisher keine Konzepte, wie die erwünschte berufliche Handlungsfähigkeit (Employability) über das Fachlabor erreicht werden soll.
- Zwar geben Akkreditierungsagenturen (zum Beispiel die ASIIN) an, dass Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen auch über das Experimentieren zu

vermitteln/generieren seien, doch fehlen konkrete Vorschläge, Handreichungen, Theoriegebäude, qualitätserzeugende und -sichernde Reflexionsinstrumente zur Umsetzung.

- Es klafft bisher eine große empirische Lücke zwischen Lernzielvorgaben und der erfolgreichen Umsetzung der laborbezogenen Zielsetzungen und tatsächlichen Lernergebnisse.
- Sowohl Studiengang-Designern als auch Gutachtern in Akkreditierungsverfahren fehlt mithin eine empirisch gesicherte Basis zur Beurteilung.
- Eine Befähigung zur Laborbetreuung findet weitgehend urwüchsig und in der Regel einzig als ‚kulturelle Weitergabe‘ von experimentbezogenen Lehr-/Lernaufgaben an die nächste Generation wissenschaftlicher Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter statt.
- Es gibt so gut wie kein Weiterbildungsangebot im Feld der hochschulbezogenen Labordidaktik.
- Es gibt so gut wie keine ingenieurdidaktischen Forschungszusammenhänge, die sich auf die Hochschule beziehen.
- Es gibt zwar mittlerweile einige Angebote an Weiterbildungs-Master-Studiengängen im Feld der Ingenieurpädagogik, diese beziehen sich aber in erster Linie auf die Professionalisierung von Akteuren in der beruflichen Bildung (zum Beispiel Berufsschullehrkräfte für technische Berufe).

Auch die bisherigen thematisch quer liegenden acatech Projekte streifen das Lehren und Lernen im Fachlabor nur am Rande.

1.3 RESÜMEE

Trotz der offensichtlichen Relevanz der Laborausbildung für das Ingenieurstudium ist deren wissenschaftliche Durchdringung, besonders im deutschsprachigen Raum, unzureichend. Aspekte wie beispielsweise Struktur und Aufbau,

⁹ Haug 1980; Bruchmüller und Haug 2001.

¹⁰ Vgl. zum Beispiel Behr et al. 2009.