

# Vorwort

Die Bildungs- und Arbeitswelten angehender Ingenieur\*innen werden geprägt durch die Auswirkungen weltweiter Trends und Entwicklungen wie Digitalisierung, Entrepreneurship-Bewegungen und Globalisierung. In Folge führen arbeitsorganisatorische Herausforderungen und gesellschaftliche Entwicklungen zu mehr Komplexität auf inhaltlicher und methodischer Ebene. Die Lehre in den Ingenieurwissenschaften hat demnach den Anspruch und die Aufgabe, angehende Ingenieur\*innen von morgen so vorzubereiten, dass sie diesen Herausforderungen erfolgreich begegnen können. Hierzu ist es notwendig, die ingenieurwissenschaftliche Lehre kontinuierlich zu modernisieren, neu zu denken und die Methoden, Inhalte und Lehr-Lernformate auf die Bedarfe einer digitalisierten und globalisierten Welt anzupassen.

Im Rahmen des Bund-Länder-Programms Qualitätspakt Lehre (QPL) wurden im Zeitraum von 2011 bis 2020 umfangreiche finanzielle Mittel zur Verbesserung der Studienbedingungen und der Lehrqualität an deutschen Hochschulen zur Verfügung gestellt. Ziel war es, eine qualitativ hochwertige Hochschullehre zu sichern und weiterzuentwickeln. Ein weiterer Schwerpunkt des Programms war die (Weiter-)Qualifizierung des Lehrpersonals sowie die Verbesserung der Betreuung und Beratung von Studierenden. Die geförderten gesellschaftlich relevanten Themenfelder und Maßnahmen bilden die komplexen Herausforderungen ab, die an Universitäten und Hochschulen zu bewältigen sind. Zu diesen zählen in besonderem Maße die Digitalisierung, der Umgang mit Heterogenität in Studium und Lehre und die Förderung individueller Studienerfolge. Als übergreifende Zielsetzung des QPL sollte dies durch eine Optimierung der Studieneingangsphase, die Einbindung digitaler Konzepte und Formate sowie durch die Erhöhung von Praxisbezügen im ingenieurwissenschaftlichen Curriculum erreicht werden.

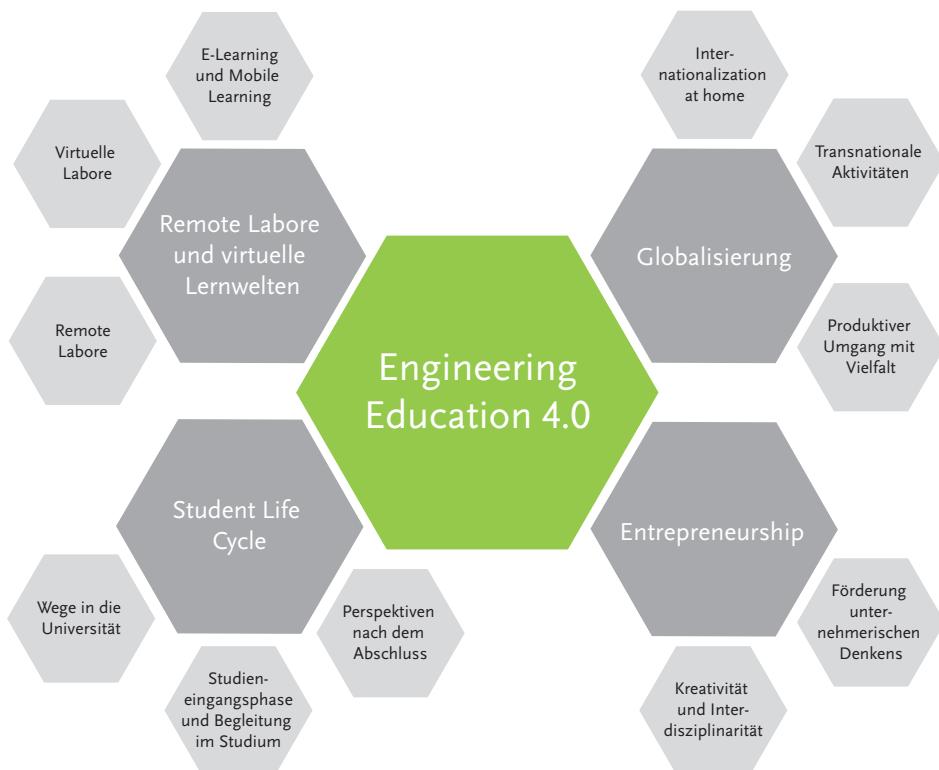
Zur Adressierung der spezifischen Herausforderungen im Kontext der Ingenieurausbildung wurde das Projekt ELLI – „Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften“ – im Rahmen des QPL gefördert. Es handelt sich um ein Verbundprojekt der RWTH Aachen University, der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund. In zwei aufeinander folgenden Förderphasen (ELLI: 2011–2016; ELLI 2: 2016–2020), d. h. über einen Zeitraum von insgesamt neun Jahren hinweg, entwickelte, implementierte und erforschte der Verbund innovative Lehr-Lernkonzepte für die Lehre in den Ingenieurwissenschaften. An allen drei Standorten wurde eine besondere Form der Projektverankerung realisiert. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass das Projekt jeweils in der Fachwissenschaft angesiedelt war – unmittelbar an einem ingenieurwissenschaftlichen Lehrstuhl im Maschinenbau – und sowohl strukturell als auch personell mit der jeweiligen zentralen hochschuldidaktischen Einrichtung verknüpft wurde.

Den beantragten ELLI-Maßnahmen im QPL lag eine datengestützte Bestandsaufnahme über die Stärken und Schwächen von Lehrqualität und Betreuung der

Studierenden an den jeweiligen Standorten zugrunde. Durch diese Bestandsaufnahme an drei forschungsstarken Universitäten und ihre Zusammenführung im Verbund wurde im Projekt ELLI eine breite analytische Basis geschaffen, die sowohl konkrete Bedarfe an den Standorten aufzeigen konnte als auch durch die Zusammenschau im Verbund über diese Standorte hinausweist. Aus dem Zusammenspiel von standortspezifischer Betrachtung und standortübergreifender Identifikation genereller Fragestellungen und Erkenntnisse, verbunden mit dem Blick auf technische Entwicklungen und gesellschaftliche Herausforderungen, wurde ein Gesamtbild der relevanten Herausforderungen und Potentiale in der Ingenieurausbildung entwickelt. In diesem Zuge wurde ein bedarfsorientiertes Maßnahmenset zur Erforschung und Entwicklung von Lehre und Organisation ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge abgeleitet. Das Projekt gliedert sich dazu in vier Kernbereiche (KB):

- ◀ KB 1 „Remote Labore und virtuelle Lernwelten“ (ehemals „virtuelle Lernwelten“):  
*Im Zuge der vierten industriellen Revolution, die zu einer fortschreitenden Verschmelzung von digitaler und realer Welt führt, gewinnt ein ausgeprägtes Verständnis von digitalen Technologien insbesondere in Ingenieurberufen an Bedeutung.*
- ◀ KB 2 „Globalisierung“ (ehemals „Mobilitätsförderung & Internationalisierung“):  
*Die Berufsanforderungen für Ingenieure\*innen umfassen zunehmend ein Zurechtfinden in globalisierten Entwicklungs- und Produktionszusammenhängen und eine Sensibilität für interkulturelle Fragestellungen.*
- ◀ KB 3 „Student Life Cycle“:  
*An den Übergängen im Studienverlauf werden die Weichen für das Studium und auch die berufliche Zukunft aller Studierenden gestellt. Daher wird die Unterstützung der Studierenden in diesen Phasen fokussiert.*
- ◀ KB 4 „Entrepreneurship“ (ehemals „Professionelle Handlungskompetenz“):  
*Unternehmerisches Denken und Innovationsfreude kristallisieren sich zunehmend als vordringliche Grundhaltungen für Ingenieur\*innen heraus, um den vielschichtigen Herausforderungen in einer globalisierten Wirtschaft und der Entwicklung zur Industrie 4.0 kompetent begegnen zu können.*

Nach den ersten vier Jahren Laufzeit wurde eine Zwischenbilanz gezogen und das Aufgaben- und Maßnahmenset in Hinblick auf die sich weiter wandelnden Anforderungen neu justiert. Beispielsweise wurden die Maßnahmen im Kernbereich 4, die grundsätzlich auf die Steigerung professioneller Handlungskompetenz zielen, um die explizite Förderung von Entrepreneurship erweitert. Weiterhin wurden qualifikatorische Herausforderungen im Kontext der Industrie 4.0 adressiert. Dabei lagen diesen Anpassungen zwei Gestaltungsprinzipien zugrunde, die auch für die gesamte Projektentwicklung handlungsleitend waren: zum einen die durchgängige Bedarfsorientierung bei der Entwicklung und Umsetzung von Beratungs-, Orientierungs- und Professionalisierungsangeboten und zum anderen das Ziel, die Lehre an technologische Entwicklungen anzupassen. Daher ist das Projekt durch eine kontinuierliche Entwicklung gekennzeichnet, die auch im weiteren Verlauf zu Anpassungen und Aktualisierungen führte.



**Abbildung 1:** Kernbereiche und Handlungsfelder

Die Bandbreite der im Projekt realisierten Ansätze und Maßnahmen, die sich in das Gesamtbild der Entwicklung von Studium und Lehre in den Ingenieurwissenschaften einfügen, spiegelt sich auch in der vorliegenden Handreichung wider. Es finden sich darin Forschungsbeiträge neben Erfahrungsberichten sowie Maßnahmen mit Breitenwirkung neben Darstellungen für spezifische Zielgruppen. Nachvollziehbar verbunden werden diese vielfältigen Ansätze durch ihre thematisch-inhaltliche Einordnung, die sich in die folgenden Kapitel aufgliedert:

- ◀ Labore in den Ingenieurwissenschaften: Digitale und didaktische Innovationen  
*Vom Aufbau und Betrieb von Remote-Laboren bis hin zu ihrem Einsatz zur Kreativitätsförderung von Studierenden*
- ◀ goING abroad! Förderung von Internationalisierung und Auslandsmobilität  
*Von Auslandsaufenthalten und internationalen Austauschprogrammen bis hin zu transnationalen Online-Lehrveranstaltungen*
- ◀ Fokus Entrepreneurship: „Gründer-Spirit“ entwickeln und umsetzen  
*Vom Hands-on-Entrepreneurship bis hin zur Vermittlung des Themas im Rahmen eines interdisziplinären projektbasierten Lehrformats*
- ◀ Studierende im Mittelpunkt: Förderung einer aktiven und kompetenten Studienverlaufsgestaltung

Vom Praktikum für studieninteressierte Schüler\*innen über Studien- und Stipendienberatung bis hin zur Orientierungshilfe nach dem Masterabschluss

- ◀ Forschend – kreativ – interdisziplinär: Übergreifende Kompetenzentwicklung in „Modulen mit Mehrwert“  
*Von Modulen zur (Weiter-)Entwicklung von Soft Skills über die Ingenieure ohne Grenzen Challenge bis hin zur Forschungswerkstatt*
  - ◀ Professionalisierung von Lehrenden: Methoden- und Technologietrends in Lehre und Fortbildung  
*Von bedarfsorientierten und fachkulturnahen Angeboten bis hin zu Gamification und Mixed Reality in der Hochschullehre*

Jedes Kapitel beinhaltet mehrere Einzelbeiträge zum jeweiligen Thema, das zu Beginn des Kapitels kurz erläutert wird. Die Beiträge innerhalb der Kapitel folgen dabei einer übergreifenden Struktur, beginnend mit der Problemstellung bzw. der Forschungsfrage, die im jeweiligen Beitrag zentral bearbeitet oder untersucht wurde. Darauf aufbauend werden Lösungsansätze vorgestellt und anhand von Umsetzungsbeispielen näher erläutert. Die Beiträge schließen jeweils mit sogenannten „Lessons Learned“, die konkrete Anregungen für den Transfer des dargestellten Inhalts an andere Hochschulen oder in weitere Lehrveranstaltungen bieten. Diese Art der Zusammenstellung in kompakten Beiträgen zielt darauf, einer vielfältigen Leserschaft in den Hochschulen zu dienen. Primär richten wir uns an die Lehrenden in den Ingenieurwissenschaften. Ihnen obliegt die inhaltliche Ausgestaltung der Studiengänge, weshalb sie eine besondere Verantwortung tragen. Weiterhin hoffen wir, dass auch Vertreter\*innen zentraler Einrichtungen wie hochschuldidaktische Stabsstellen oder International Offices sowie Professor\*innen vielfältige Anregungen in diesem Buch finden. Nicht zuletzt richten wir uns mit diesen Beiträgen auch an die Organisations- und Personalentwickler\*innen sowohl in den Zentralverwaltungen als auch in den Fakultäten.

Die in diesem Buch zusammengestellten Beiträge stellen einen Auszug der ELLI-Maßnahmen, -Erfahrungen und -Produkte dar. Detailliertere Angaben zu den hier dargestellten Maßnahmen mit systematischen Beschreibungen und Leitfäden zur Umsetzung sowie Beschreibungen weiterer Maßnahmen finden Sie online in der „ELLI BEETBox“ („ELLI Best Practices in Engineering Education Toolbox“). Weitere Informationen zur Toolbox finden Sie auf der Seite „BEETbox“ am Ende dieses Buchs.

Im Namen aller Beteiligten möchten wir an dieser Stelle dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Mittelgeber für die Finanzierung dieser vielfältigen und wirkungsvollen Maßnahmen danken. Darüber hinaus gilt unser Dank dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Projektträger für die sehr gute lange und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Die beteiligten Verbundpartner werden auch künftig an den beschriebenen Themen arbeiten. Wir freuen uns sehr, weiterhin in Austausch und Kontakt zu weiteren Hochschulen zu kommen und zur Verbreitung innovativer und zukunftsorientierter Lösungen beizutragen.

tierter Lösungen beizutragen. Wir hoffen, dass auch in Zukunft Mittel bereitgestellt werden, die Hochschulen in der Weiterentwicklung der Lehre unterstützen, um die große Bedeutung dieses Themas weiterhin bewusst zu machen. Mit Blick auf die bestehenden Herausforderungen, die von krisenhaften Entwicklungen in Gesellschaft und Umwelt wie bspw. der Corona-Pandemie und der globalen Erwärmung geprägt werden, bedarf es mehr denn je umfassend und exzellent ausgebildeter Fachkräfte mit Weitblick.

Unser herzlicher Dank gilt dem Redaktionsteam, das maßgeblich an der Entwicklung und Veröffentlichung dieses Buchs beteiligt war. Bedanken möchten wir uns ebenfalls bei allen, die inhaltlich und gestalterisch an diesem Buch mitgewirkt haben, sowie bei allen unseren wissenschaftlichen und studentischen Mitarbeitenden an der RWTH Aachen University, der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund. Mit ihrem Enthusiasmus, ihren interdisziplinären Kompetenzen und ihrer Fähigkeit, über den Tellerrand hinauszuschauen, haben sie einen wichtigen Beitrag zum Erfolg des Projekts ELLI geleistet.

Wir wünschen allen Leser\*innen eine anregende Lektüre und hoffen, mit diesem Handbuch die Lust auf Transfer zu fördern und anschlussfähige Impulse für die Weiterentwicklung der Lehre in den Ingenieurwissenschaften zu liefern.

### **Die Herausgeber\*innen**

Prof. Dr. phil. Ingrid Isenhardt

Prof. Dr.-Ing. Marcus Petermann

Dr. Martina Schmohr

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. A. Erman Tekkaya

Prof. Dr. Uwe Wilkesmann

**Das Redaktionsteam**

Dr.-Ing. Ute Berbuer  
Dr. rer. nat. Esther Borowski  
Prof. Dr.-Ing. Sulamith Frerich  
Joshua Grodotzki  
Kathrin Hohlbaum  
Karsten Lensing  
Mario Nolte  
Nina Schiffeler