

3.6. Diversität und Ingenieurwesen

FRANK MANTWILL UND ULRIKE SENGER

Abstract

Ohne Ingenieurinnen und Ingenieure sind weder der technologische Fortschritt noch die Bewältigung des Klimawandels oder der Corona-Pandemie denkbar. Als Vordenker:innen und Hoffnungsträger:innen stehen sie in globaler Verantwortung, sie müssen sich stets dessen bewusst sein, dass ihre Innovationen in wirtschaftlichen, kulturellen und sozialen Zusammenhängen eingebettet sind und entsprechende Wechselwirkungen in Deutschland und darüber hinaus erzeugen können. Somit ist im Ingenieurberuf selbst bereits Diversität angelegt.

Angesichts der besorgniserregenden möglichen Folgen eines sich auf die Zukunft der Menschheit und der Welt auswirkenden Ingenieurmangels ist die Auseinandersetzung mit der statistischen Datenlage und daraus abzuleitender Handlungskonsequenzen unabdingbar. Trotz der zahlreichen Initiativen der Bundesregierung, der Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Ingenieurverbände zum Themenfeld MINT lässt die Sichtung der verschiedenen Datenquellen eine einheitliche Systematisierung der Bildungs- und Berufsdaten von Ingenieurinnen und Ingenieuren, zumal in der vergleichenden Ausdifferenzierung zwischen den verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, vermissen. Aber nur auf einer solchen validen Grundlage könnte ein aussagekräftiges Monitoring implementiert werden, um dem gesellschaftlichen Auftrag zur ingenieurwissenschaftlichen Bildung gerecht zu werden.

In die Selbstverpflichtung von Ingenieurinnen und Ingenieuren, Verantwortung für eigenes Handeln in komplexen Situationen und Kontexten zu übernehmen, ist die Bewältigung der ingenieurwissenschaftlichen Fachanforderungen, aber vor allem auch die Persönlichkeitsbildung im Studium gestellt, gerade auch in der Art und Weise, wie künftige Ingenieurinnen und Ingenieure selbstständig die Organisation ihres Studiums und ihre soziale Vernetzung mit Lehrenden und Mitstudierenden angehen und umsetzen. Die eigenverantwortliche Durchführung des Studiums über Durststrecken hinweg ist die Bewährungsprobe für das erfolgreiche Wirken im Ingenieurberuf. Gerade auch die nach wie vor hohen Studienabbruchquoten lenken eine größere Aufmerksamkeit auf weibliche und internationale Studierende. Dazu bedarf es diversitätssensibler Maßnahmen wie z. B. hochschulischer Lehrinnovationen, die bedarfsgerecht greifen und dadurch fördern und fordern. In diesem Bestreben kommt nochmals das Desiderat eines zielgerichteten und belastbaren Wissensmanagements zu Ingenieurinnen und Ingenieuren zum Tragen, zum einen, um die bisher noch nicht (vollständig) ausgeschöpften Diversitätspotenziale zu identifizieren, zum anderen, um diesbezüglich eine wirksame und nachhaltige Personalgewinnungs- und Personalentwicklungsstrategie zugrunde legen zu können.

Nicht zuletzt bietet das Zusammenwirken diverser Persönlichkeiten andere Sicht- und Herangehensweisen für die Erarbeitung und Umsetzung neuer und erfolgversprechender Problemlöseansätze. Diese sind vor allem für die weltweite Krisenbewältigung in Gegenwart und Zukunft unverzichtbar.

Schlagworte: Globale Krise, Innovation, Ingenieurberuf, diverse Teams, MINT, Ingenieurmangel, Ingenieurinnen, Migrationshintergrund, internationale Studierende, Studienabbrüche, Persönlichkeitsbildung, innovative Lehre, Monitoring, Qualitätsmanagement

Without engineers, neither technological progress nor coping with climate change or the corona pandemic would be conceivable. As forward thinkers and bearers of hope, they have a global responsibility and must always be aware that their innovations are embedded in economic, cultural and social contexts and can generate corresponding interactions in Germany and beyond. Thus, diversity is already inherent in the engineering profession itself.

In view of the worrying possible consequences of a shortage of engineers affecting the future of humanity and the world, it is essential to deal with the statistical data situation and the consequences for action that can be derived from it. Despite the numerous initiatives of the federal government, the faculty associations of the engineering sciences and the engineering associations on the topic of STEM, the review of the various data sources lacks a uniform systematisation of the educational and occupational data of engineers, especially in the comparative differentiation between the various engineering disciplines. But only on such a valid basis could meaningful monitoring be implemented in order to fulfil society's mandate for engineering education.

The self-commitment of female engineers to take responsibility for their own actions in complex situations and contexts includes coping with the requirements of the engineering sciences, but above all personal development during their studies, especially in the way future engineers independently approach and implement the organisation of their studies and their social networking with teachers and fellow students. The independent implementation of studies over lean periods is the test of one's ability to work successfully in the engineering profession. The still high drop-out rates in particular also draw greater attention to female and international students. This requires diversity-sensitive measures, such as university-based teaching innovations, which take effect according to need and thus promote and challenge. In this endeavour, the desideratum of a targeted and resilient knowledge management for female and male engineers comes to the fore once again, on the one hand in order to identify the diversity potentials that have not yet been (fully) exploited, and on the other hand in order to be able to base an effective and sustainable personnel recruitment and personnel development strategy on this.

Last but not least, the interaction of diverse personalities offers different perspectives and approaches for the development and implementation of new and promising

problem-solving approaches. These are indispensable above all for global crisis management in the present and the future.

Keywords: global crisis, innovation, engineering profession, diverse teams, STEM, shortage of engineers, female engineers, migration background, international students, study dropouts, personal development, innovative teaching, monitoring, quality management

3.6.1. Ingenieurinnen und Ingenieure – Hoffnungs- und Leistungsträger:innen in der Krise

Durch die aktuellen Krisen der Pandemie und des Klimawandels sieht sich die Menschheit ungeahnten Bedrohungen des menschlichen Lebens und der Existenzgrundlage ausgesetzt. Der Weg in die Zukunft ist maßgeblich von der Hoffnung geprägt, dass Technologien und Innovatorinnen und Innovatoren schnellstens wirksame Problemlösungen schaffen und umsetzen. Dadurch rücken Ingenieurinnen und Ingenieure ins Zentrum des Krisenmanagements – und zwar im gesamten Kompetenzspektrum ihres vielfältigen Könnens und Wirkens. Doch die technologische Kreativität und Erfindungskraft ist nur eine Facette, auch wenn diese wie z. B. bei der gegenwärtigen Corona-Impfstoffentwicklung und -testung im Vordergrund steht. Zur Rettung von Menschenleben muss sich Ingenieurdenken frei entfalten und durch den Einsatz bisher ethisch angezweifelter mRNA-Gentechniken wie im Impfstoff Comirnaty (BNT 162b2, Biontech/Pfizer) „ent-grenzen“ können. Zudem sind ganz wesentlich die hochautomatisierte Produktionstechnik und die Logistik zur Bereitstellung des Impfstoffs für die landes- bzw. weltweite Bevölkerung unter Einhaltung der anspruchsvollen Kühlkette (unter -70 Grad Celsius) mitzudenken, um die Wirksamkeit aufrechtzuerhalten, was u. a. die simultane Entwicklung von Transport- und Aufbewahrungsbehältnissen erforderlich machte.

Ingenieurinnen und Ingenieure sind somit nicht nur Wissenschaftler:innen und Produktentwickler:innen, sondern auch Produktionstechniker:innen, Logistiker:innen, Projekt- und Prozessmanager:innen sowie Qualitätssicherinnen und -sicherer, denen menschliches Leben und Überleben anvertraut sind. Die Vielfalt der Ingenieurkompetenzen ließe sich weiter fortsetzen. So spielt z. B. die Zusammenarbeit des Ingenieurwesens in der Corona-Krise gerade auch an der Schnittstelle zu anderen Disziplinen wie der Medizin und den Wirtschaftswissenschaften – in der interdisziplinären Ausprägung der Medizintechnik und dem Wirtschaftsingenieurwesen – eine bedeutende Rolle.

Ähnlich verhält es sich bei der Klimakrise, die in absehbarer Zeit droht, dem Menschen die Luft zum Atmen zu nehmen und ihm existenzielle Lebensräume zu rauben. So besteht z. B. ein Klimaziel darin, den CO_2 -Ausstoß von Treibhausgasen durch die Verbrennung fossiler Energien in die Atmosphäre gegenüber dem Jahr 1990 bis 2030 um 55 % zu reduzieren (vgl. BMU November 2019, S.7, 8, 28, 33) und auf diese Weise eine weitere globale Erderwärmung abzuwenden. Diesem Anspruch kann

nur durch bestehende und weiterzuentwickelnde Technologien wie Windkraft, Photovoltaik oder mit Wasser oder Methan betriebene Brennstoffzellen oder Fusionskraftwerke für die Stromerzeugung begegnet werden. Auch für die Bewältigung dieser Zukunftsherausforderungen sind Ingenieurinnen und Ingenieure mit ihrem technischen Grundlagen- und Methodenwissen und ihren zahlreichen interdisziplinären Anknüpfungspunkten mit der Mathematik, den Naturwissenschaften und den Materialwissenschaften in weltumspannenden Handlungsvollzügen unverzichtbar. Denn sie müssen per se international und somit interkulturell interessiert und aufgestellt sein: Die Klimakrise – wie die Coronakrise – ist schließlich nicht national begrenzt, sondern weltweit zu bewältigen.

Die Leistungsanforderungen an Ingenieurinnen und Ingenieure sind somit außergewöhnlich hoch und in jeder Hinsicht vielfältig, breit gefächert und umfassend. Letztendlich beanspruchen sie die ganze Persönlichkeit und nehmen diese in Dienst. Das zeigt sich daran, dass sich technischer Erfindungsgeist und Innovationskraft mit Ausdauer und Durchhaltevermögen im Erarbeitungsprozess der am besten technisch funktionierenden und die Bedarfe erfüllenden Problemlösung verbinden müssen, und dies zumeist in internationalen Teams mit ganz unterschiedlichen religiösen Weltanschauungen, kulturellen Denkweisen und Lebensbedingungen.

Gerade auch angesichts der tiefgreifenden existenziellen Umwälzungen, die Ingenieurinnen und Ingenieure zum Wohle der Menschheit antizipieren und begleiten müssen, ist der Bedarf an qualifizierten Nachwuchskräften hoch und steigt trotz des bereits bestehenden Fachkräftemangels noch weiter an. Daher liegt es nahe, sich zunächst mit der quantitativen Datenlage der Ingenieurinnen und Ingenieure in Studium und Beruf zu befassen.

3.6.2. Quantitative Analysen des Ingenieurmangels in Beruf und Studium

Erwerbstätige Ingenieurinnen und Ingenieure

Die Ingenieurinnen und Ingenieure machen den größten Anteil der fehlenden Fachkräfte aus (vgl. das Kapitel 3.9. Diversität und Wirtschaft in diesem Band). Die Engpassanalyse des VDI für die Ingenieurinnen und Ingenieure im zweiten Quartal 2020 (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 8) ergibt, dass vier offene Stellen auf eine erwerbssuchende Person im Bau-, Vermessungs-, Gebäudetechnikwesen und auf eine erwerbssuchende Person in der Architektur entfallen. Darauf folgen die Informatikberufe (mit nahezu drei offenen Stellen auf eine:n arbeitslose:n Informatiker:in), während die analogen Werte für die Ingenieurberufe Energie und Elektrotechnik (2,71), Rohstoffherzeugung und -gewinnung (2,18), Metallverarbeitung (2,06) zwar niedriger sind, aber doch den nahezu drei- bis zweifachen Bedarf indizieren (vgl. ebd.). Bei diesen Angaben müssen bereits die Auswirkungen der Corona-Krise mitbedacht werden. Auf jeden Fall lässt sich an diesen Daten tendenziell ablesen, dass die ingenieurwissenschaftlichen Mangel-Fachrichtungen bereits seit 2013 (1) Bauingenieurwesen, (2) Informatik, (3) Elektrotechnik (mit Informationstechnik) und (4) Maschinenbau

(mit Verfahrenstechnik) sind (vgl. VDI & IW Juli 2020, S. 5) sind.¹ Die erwerbstätigen Ingenieurinnen in Deutschland beliefen sich in 2017 auf 18,78 %, deren Zuwachs stieg von 2005 bis 2017 linear um 4 % an (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 6), auch wenn diese zu einem großen Teil in der Verwaltung und im Vertrieb tätig sind (für den Maschinenbau vgl. Meyerhoff Januar 2020, S. 7).

Dagegen liegt der Frauenanteil bei den Ingenieurstudierenden in 2018 schon bei 23,56 %, weshalb man für die Zukunft einen Zuwachs an erwerbstätigen Ingenieurinnen und Ingenieuren prognostizieren kann (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 13), sofern die Hochschulabsolventinnen den Ingenieurberuf ergreifen.

Im Vergleich dazu verhält sich der aktuelle internationale Anteil der erwerbstätigen Ingenieurinnen und Ingenieure in Deutschland in 2017 mit ca. 16 % ähnlich, allerdings hat sich dieser von 2005 bis 2017 verdoppelt (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 7).

Studienanfänger:innen der Ingenieurwissenschaften

Diese Entwicklung deckt sich zum großen Teil mit den jüngsten Ergebnissen des Statistischen Bundesamts zu den Studienanfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften im Studienjahr 2020 (vgl. Destatis 11.12.2020). Mit Ausnahme der Studienrichtung (1) Bauingenieurwesen, die ein Plus von 2 % verzeichnet, ist die Anzahl der Studierenden, die ein ingenieurwissenschaftliches Studium aufgenommen haben, weiter gesunken, und zwar in der (2) Informatik um 5 %, in der (3) Elektrotechnik (mit Informationstechnik) um 14 % und im (4) Maschinenbau (mit Verfahrenstechnik) um 10 % (vgl. ebd.). Damit zeichnet sich eine alarmierende Entwicklung ab: Denn selbst wenn man wegen der Corona-Pandemie von (auf dem Markt vorübergehend sichtbaren) rückläufigen Bedarfszahlen – die aber den insgesamt vorherrschenden Mangel nicht beschönigen oder gar verdecken können – ausgeht, sinken die Studienanfänger:innenzahlen außer bei den Bauingenieuren weiter (vgl. ebd.). Als besonders gravierend ist diese Tendenz in der Elektrotechnik und im Maschinenbau festzustellen.

Studierende der Ingenieurwissenschaften

Von allen Fächergruppen sind in den Ingenieurwissenschaften die meisten Bildungsausländer:innen zu verzeichnen, insgesamt 39,6 % für 2019–34,4 % an den Universitäten, 53,6 % an den Fachhochschulen (vgl. DZHW & DAAD 2020, S. 5). Laut VDI ist die Anzahl der internationalen Studierenden in den Ingenieurwissenschaften von 2003 bis 2018 um ca. 60 % gestiegen (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 16). Die meisten internationalen Ingenieurstudierenden kommen gemäß der VDI-Top Ten der Herkunftsländer aus China und Indien (vgl. Rauhut 12.08.2020, S. 17). Allerdings werden die

¹ Die Bundesagentur für Arbeit sieht keinen allgemeinen Fachkräftemangel in den Ingenieurberufen, sondern nur in einzelnen Fachrichtungen wie „Ingenieure für Forschung und Entwicklung, für Mechatronik, Energie- und Elektrotechnik oder für Maschinen- und Fahrzeugtechnik“ (vgl. BA 2019, S. 6), was sie auf höhere Absolventenzahlen zurückführt (vgl. ebd.). Daher habe sich z. B. im Maschinenbau wie in der Ent- und Versorgung die Mangelsituation verbessert (vgl. ebd.). Der VDMA dokumentiert einen leicht rückläufigen Trend, stellt aber nach wie vor einen hohen Bedarf fest (vgl. Meyerhoff 09.01.2020; zur Veränderung der Bedarfsstruktur, bedingt durch Industrie 4.0, vgl. Meyerhoff 21.11.2019 und die Ergebnisse der Ingenieurhebung 2019 des VDMA [vgl. Meyerhoff Januar 2020]). Durch die fortschreitende Technologisierung, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz werden traditionelle Ingenieurstellen, die sich automatisieren lassen, wegfallen. Allerdings ist mittel- und langfristig zu beobachten, inwiefern neue ingenieurbezogene Berufsprofile geschaffen werden müssen, um die neuen Strukturen ingenieurseitig (weiter) zu entwickeln und zu betreuen (vgl. z. B. Daheim & Wintermann März 2016, S. 11).

ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen bisher nicht hinsichtlich des internationalen Studierendenanteils miteinander verglichen.

Daher hat der Erstautor eine Auswertung der jüngsten Daten des Statistischen Bundesamts für das Wintersemester 2019/2020 (vgl. Destatis 2020, Bildung und Kultur, S. 36 f.) mit dem Ziel einer vergleichenden Gesamtschau der quantitativen Internationalisierung der ingenieurwissenschaftlichen Studienfächer vorgenommen. Diese Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass in den ingenieurwissenschaftlichen Studienfächern mit 20,6 % der internationale Anteil der Studierenden besonders hoch ist und im Studienfach Elektrotechnik der Frauenanteil nahezu an die Anzahl der deutschen Kolleginnen herankommt (vgl. ebd.).

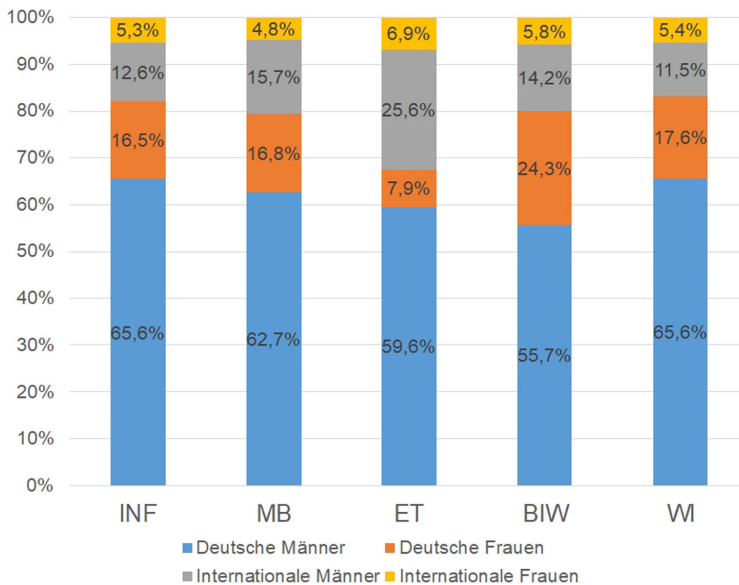


Abbildung 1: Quantitative Internationalisierung der ingenieurwissenschaftlichen Studienfächer im Vergleich – unter Berücksichtigung der Geschlechterverteilung (eigene Darstellung nach Destatis 2020, Bildung und Kultur, S. 36 f.)

Auffällig ist, dass die internationalen weiblichen Studierenden technikaffiner als ihre deutschen Kommilitoninnen zu sein scheinen. Dieser bisher unbekannt Befund ergibt sich aus der Vergleichsanalyse des Datenmaterials und wirft hinsichtlich der Ursachen Fragen auf, zu deren Beantwortung ausführlichere Daten erhoben werden müssten.

Als statistisches Defizit muss festgehalten werden, dass statistische Analysen, die die einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen miteinander vergleichen, fehlen. Diese sind vor allem auch für eine verlässliche Bewertung und Weiterentwicklung der Diversitätspotenziale wie der weiblichen und internationalen (weiblichen) Studierenden von großem Interesse und sollten auch bei der Abschätzung der Studienabbruchquoten einbezogen werden können.

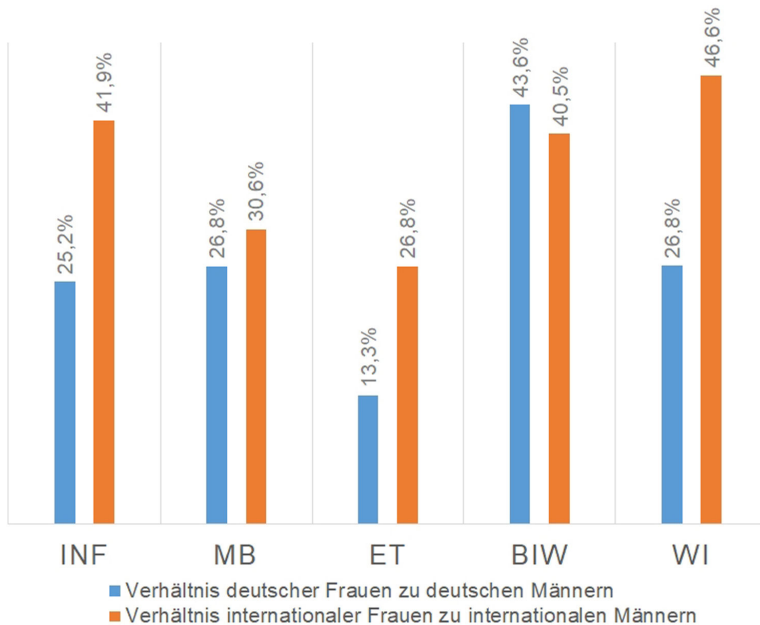


Abbildung 2: Vergleich des Verhältnisses von Frauen zu Männern nach Fächergruppen (eigene Darstellung nach Destatis 2020, Bildung und Kultur, S. 36 f.)

Studienabbruchquoten in den Ingenieurwissenschaften

Bei der Berechnung der Studienabbruchquoten divergieren die Berechnungsansätze des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) (vgl. Heublein, Richter & Schmelzer 2020a/b) und der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017). Das DZHW beziffert die durchschnittlichen Studienabbruchquoten in den Ingenieurwissenschaften für das Jahr 2018 auf 35 % (vgl. Heublein, Richter & Schmelzer 2020b, S. 1). Die Verteilung auf die ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen zeigt, dass im Vergleich (1) im Bauingenieurwesen mit 45 %, (2) in der Informatik mit 44 %, (3) in der Elektrotechnik mit 46 % die Abbrüche (4) im Maschinenbau (mit Verfahrenstechnik) mit 35 % am niedrigsten ausfallen (wenn man die Architektur mit einer Studienabbruchquote von nur 3 % vernachlässigt) (vgl. ebd.). Die acatech-Studie dagegen geht von einer „Schwundquote“ aus, die sich aus Studienabbrüchen, Hochschul- und Fachwechseln zusammensetzt (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017).² Dennoch lässt sich mit beiden Studienmethodiken dieselbe Tendenz feststellen, nämlich dass die

² Die sich von der Methodik des DZHW absetzende acatech-Studie (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017) kommt in den Ingenieurwissenschaften (bis zum Beginn des 7. Fachsemesters) für das WS 2011/12 zu einer durchschnittlichen „Schwundquote“ von 38 %, die sie in 23 % Studienabbrüche, 9 % Hochschulwechsel und 6 % Fachwechsel ausdifferenziert (vgl. ebd., S. 29). Für den Zeitraum vom WS 2008/09 bis zum WS 2011/12 beziffert sie die folgenden studiengangsbezogenen „Schwundquoten“: (1) B. Sc. Bauingenieurwesen ca. 25–60 % (vgl. ebd., S. 28), (2) B. Sc. Informatik 25–60 % (vgl. ebd., S. 27), (3) B. Sc. Elektrotechnik ca. 40–50 % (vgl. ebd.), (4) B. Sc. Maschinenbau ca. 16–75 % (vgl. ebd., S. 25) – (zudem B. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen 25–60 % (vgl. ebd., S. 26)). Die hohen Schwankungen werden in dieser Studie auf die standortbezogenen Zulassungsbeschränkungen oder Eignungsfeststellungsverfahren zurückgeführt (vgl. ebd., S. 29).

Studienabbruch- bzw. Schwundquoten im Maschinenbau vergleichsweise am niedrigsten (standortbezogen) ausfallen (können) (vgl. Heublein, Richter & Schmelzer 2020b, S. 1; Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017, S. 25).

Weder das DZHW noch die acatech brechen den Anteil der weiblichen Studierenden weiter auf die ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen oder Studiengänge herunter. Das DZHW geht von einer niedrigeren Abbruchquote der weiblichen Studierenden im Vergleich zu den männlichen aus (an Universitäten: 33 % im Vergleich zu 36 % der Männer; insgesamt 35 %, an Fachhochschulen: 28 % Frauen, Männer 33 %, insgesamt 32 %) ³, während die acatech keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern, wenn auch zu einem viel früheren Erhebungszeitpunkt, feststellt. ⁴ Das DZHW verzichtet auf eine eigene Darstellung der das Studium abbrechenden Bildungsausländer:innen. ⁵

Die hochschulische Betreuungsrelation in den Ingenieurwissenschaften korreliert nicht mit der Studienabbruchquote und kann somit nicht als Ursache identifiziert werden. Denn diese ist mit 24,1:1 (Anzahl Studierende zu Lehrkraft) z. B. im Vergleich zu Mathematik/Naturwissenschaften mit 14,6:1 deutlich höher (vgl. Statista 2019, Betreuungsrelation an Hochschulen in Deutschland im Jahr 2019 nach Fächergruppen).

Die Sichtung der statistischen Datenlage zu Ingenieurinnen und Ingenieuren in Beruf und Studium lässt eine zusammenhängende und nach einheitlichen Indikatoren geführte Systematik vermissen, die zum einen belastbare Aussagen über den bildungs- und biografischen Verlauf zulässt und zum anderen eine Differenzierung nach ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen und Diversitätsmerkmalen, die über das Geschlecht und die Nationalität hinausgeht und z. B. auch das Alter ⁶ oder gesundheitliche Beeinträchtigungen (vgl. BA 13.12.2017) berücksichtigt, erlaubt. Zudem besteht das Erfordernis der Erhebung studienverlaufsbezogener Daten möglichst differenziert nach Geschlechtern (vgl. Thomsen, Schasse & Gulden Juni 2020; Ispording & Wozny Mai 2018), auch was die Gründe für die Studienabbrüche betrifft.

-
- 3 Die Initiative Klischeefrei betont, dass sich die Studienabbruchquoten in Fächergruppen mit mehrheitlich männlichen Studierenden wie in den Ingenieurwissenschaften und in der Mathematik/Naturwissenschaften die geringsten Geschlechterunterschiede aufweisen (vgl. das Faktenblatt „Studienabbruchquoten. Verhältnis von Männern und Frauen bei vorzeitigen Studienabbrüchen“ der Initiative Klischeefrei).
 - 4 Bei den weiblichen Studierenden geht die acatech-Studie für das WS 2011/2012 von einer – mit ihren männlichen Kommilitonen konvergierenden – Schwundquote von 38 % aus, die sich aus 24 % Studienabbrüchen, 8 % Hochschulwechsellern und 6 % Fachwechsellern zusammensetzt (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017, S. 23).
 - 5 Die acatech verzeichnet für das WS 2011/2012 eine Schwundquote der Bildungsausländer:innen von 39 % (24 % Studienabbrüche, 8 % Hochschulwechsel, 7 % Fachwechsel) (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017, S. 23).
 - 6 Bereits über die Hälfte der Ingenieurinnen und Ingenieure im Maschinen- und Anlagenbau ist jünger als 45 Jahre (vgl. Meyerhoff Januar 2020, S. 6).

3.6.3. Gewinnung und Qualifizierung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Zeichen der Selbstverpflichtung und globalen Verantwortung des Ingenieurberufs

Anforderungen an fachliche und überfachliche Ingenieurkompetenzen – Beispiel Industrie 4.0

Die Zukunft des technologischen Fortschritts wie auch der digitalen Transformation hängt maßgeblich davon ab, ob es gelingt, Menschen für den Ingenieurberuf zu gewinnen und zu verantwortungsvollen und kreativen Gestalterinnen und Gestaltern in globaler Verantwortung und Wertschöpfung zu bilden. Der damit verbundene Anspruch zeigt sich am Beispiel des Ingenieur-Kompetenzprofils für Industrie 4.0⁷, das in einer jüngsten Studie im Auftrag der IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik als „**Kern-Satelliten-Modell**“ (Heidling, Meil, Neumer et al. Januar 2019, S. 10, 46) herausgearbeitet wird.

Dieses besteht im Wesentlichen aus einem „**notwendigen fachlich-methodischen Kern**“ wie

1. Fachkompetenzen in einem ingenieurwissenschaftlichen Studienfach wie Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik,
2. Methodenkompetenzen im „Prozess- und Systemdenken“ und
3. Basis- und Anwendungswissen aus den jeweils anderen ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen:
 - für Maschinenbauer:innen und Elektrotechniker:innen: Basiswissen in der Informatik und in Data Science,
 - für Informatiker:innen: Anwendungswissen im Maschinenbau, in der Elektrotechnik und in Data Science.

Dazu kommen lebenslang weiter zu erlernende „**inhaltlich flexible fachliche und überfachliche Ergänzungen**“ wie

1. „Kontextwissen“ in der unternehmerischen Prozess- und Wertschöpfungskette (z. B. Entwicklung, Produktion, Einkauf, Vertrieb und Finanzen),
2. Kenntnisse aus anderen und „angrenzenden“ Fachdisziplinen wie
 - „Daten-, IT-Sicherheit“, „Datenerfassung-, -haltung, -aufbereitung und Auswertung“, „Usability, User Interface“⁸, „Informatik/Algorithmen“
 - von 49 bis 58 % der befragten Unternehmen als unentbehrlich erachtet (vgl. ebd., S. 37),

7 Ein Kompetenzcheck bei Unternehmen, Beschäftigten und Studierenden zeigt den folgenden Bedarf an Spezialkenntnissen für Industrie 4.0 auf: Predictive Maintenance (vorausschauende Instandsetzung), Virtual-/Augmented-Reality-Anwendungen (virtuelle Realität, Realität angereichert um virtuelle Anteile), Remote Services (Fern-Dienstleistungen), Condition Monitoring (Zustandsüberwachung), webbasierte Hilfe-/Lernsysteme, datenbasierte Dienstleistungen, Entwicklung mobiler Geräte zur Maschinensteuerung, Life-Cycle-Management, Organisation Datenaustausch mit Kundinnen und Kunden/Lieferantinnen und Lieferanten, Embedded Systems (in vorhandene Strukturen eingebettete Systeme), OPC-UA-Schnittstellenprotokoll (open platform communications-unified architecture: offener Kommunikationsstandard für Maschinen, am meisten auf Produktionsebene verwendet), Machine Learning (Maschinenlernen, ML), Künstliche Intelligenz (vgl. VDMA 2020a, Ready for Industrie 4.0, S. 6).

8 Usability steht für Benutzerfreundlichkeit, User Interface für Benutzerschnittstelle.

- „Betriebswirtschaftliche Kenntnisse“, „Naturwissenschaftliche Grundlagen (Chemie, Physik)“, „Rechtliche Grundlagen (z. B. Datenschutz)“, „Ethik“
 - von 25 bis 35 % der Unternehmen für notwendig gehalten (vgl. ebd. S. 37) – und
- 3. „überfachliche Kompetenzen“ (vgl. ebd. S. 25 ff.; insbesondere S. 46 f.).

Bei den für Industrie 4.0 erforderlichen „überfachlichen Kompetenzen“ finden „analytisches Denken“, „Umgang mit Komplexität“, „Selbstständigkeit/Eigenmotivation“, „Lernfähigkeit“, „systemisches Denken (Überblicks-/Prozesswissen)“, „Anpassungsfähigkeit an neue Situationen“, „Arbeiten im Team“, „Kreativität/Querdenken“, „vorausschauendes Denken“, „interdisziplinäre Teamarbeit/Kommunikation“, „Kunden- und Serviceorientierung“ die Zustimmung von 67 bis 92 % der befragten Unternehmen, beim „Verständnis von Wertschöpfungsketten“, bei der „Kommunikations- und Präsentationsfähigkeit“, „Konfliktfähigkeit“, „Gesprächsführung“ und den „interkulturellen Kompetenzen“ sind dies 52 bis 63 % (vgl. ebd., S. 45).

Damit wird deutlich, dass die Ingenieurkompetenzen die Persönlichkeit als Ganzes ausmachen, weshalb das ingenieurwissenschaftliche Studium nicht nur als Bewährungsprobe für die fachwissenschaftliche Befähigung, sondern vor allem auch für die studienerefolgsrelevante persönliche Eignung eigenverantwortlichen und selbstständigen Wirkens im Ingenieurberuf gelten muss.

Ursächliche Tendenzen für Studienabbrüche in den Ingenieurwissenschaften

Die Ursachen für die hohen Studienabbrüche in den Ingenieurwissenschaften, insbesondere auch in Zuordnung zu den unterschiedlichen ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen, sind nach wie vor weder ausschöpfend noch systematisch erforscht.

Die acatech-Studie (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017) schreibt die an den verschiedenen Hochschulstandorten stark divergierenden „Schwundquoten“ in ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen (mit Informatik) vor allem den unterschiedlichen Regelungen zu Zulassungsbeschränkungen und Eignungsprüfungen an den einzelnen Hochschulen zu (vgl. ebd., S. 39 ff.). Die Reflexion auf auch gesellschaftspolitisch bedingte schulische Defizite in fachlicher und überfachlicher Hinsicht sieht der VDE als notwendig an, um den Übergang von Schule zu Hochschule zur Verringerung der Studienabbruchquoten anschlussfähig und wirksam zu gestalten (vgl. Berger & Hegger November 2019, S. 4).

Dahingegen werden in der Studie des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) (vgl. Heublein, Ebert, Hutzsch et al. 2017) die Gründe für die Ingenieur-Studienabbrüche – bezogen auf das Jahr 2016 – durchgehend im Vergleich mit den anderen Fächergruppen festgestellt. Hier fällt auf, dass die Ingenieurstudierenden wie ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen anderer Fachdisziplinen ebenso Leistungsprobleme, aber doppelt so viele Studierende Zweifel an der persönlichen Eignung für ihr an der Universität gewähltes Studienfach haben (vgl. ebd., S. 25). Dieser Befund ist an den Fachhochschulen noch stärker ausgeprägt (vgl. ebd.). Sie scheitern an Fachhochschulen vor allem an „endgültig nicht bestende-

nen Prüfungen“ (vgl. ebd.). Im Vergleich zu ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen brechen Ingenieurstudierende ihr Studium bereits in den ersten zwei Semestern ab (vgl. ebd., S. 48). Sie fühlen sich in diesem Fall überfordert und können den Leistungsanforderungen nicht gerecht werden (vgl., ebd. S. 127).

Bei den frühzeitig abbrechenden Studierenden ist die intrinsische Motivation für das Ingenieurstudium geringer als bei den Absolventinnen und Absolventen ausgeprägt (vgl. ebd., S. 109). Vielmehr scheinen den Studienabbrecherinnen und -abbrechern extrinsische Motive wie ein aussichtsreiches Gehalt oder ein sicherer Arbeitsplatz wichtiger zu sein (vgl. ebd., S. 38), zudem sind die erfolgreichen Ingenieurstudierenden weniger von sozialen Motiven für das Ergreifen des Ingenieurberufs getrieben (vgl. ebd., S. 107, 109). Gerade die sinnstiftende Erfüllung, wie z. B. der Menschheit in globalen Umwälzungsprozessen mit technologischen und digitalen Innovationen dienen zu können, oder auch schon das Interesse an technischen Produktentwicklungen und -umsetzungen können wohl über die ein oder andere fachliche Durststrecke im Ingenieurstudium hinweghelfen, während (nur) die Aussicht auf einen gesellschaftlichen Status und einen hohen Lebensstandard nicht zu tragen scheint. Die intrinsische Motivation korreliert deutlich mit der Überzeugung von der persönlichen Eignung (vgl. ebd., S. 138).

Diese lässt auch auf die eigeninitiative Studierhaltung und Selbstorganisation im Studium schließen (vgl. ebd., S. 149 für Universitäten, S. 150 für Fachhochschulen), auch wenn es offenbar in der ingenieurwissenschaftlichen Kultur mitbegründet zu sein scheint, dass Ingenieurstudierende im Vergleich zu ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen anderer Studienfächer am wenigsten Lehrveranstaltungen vor- und nachbereiten (vgl. ebd., S. 149).

Offenbar greifen auch die hochschulischen Beratungs- und Förderstrukturen nicht richtig, um dem studentischen Scheitern in den Ingenieurwissenschaften effektiv vorzubeugen oder diesem in kritischen Zeitpunkten abhelfen zu können. Denn die angebotenen Programme scheinen zum Teil am Bedarf vorbeizugehen oder nicht wirksam zu sein, so nehmen Studienabbrecher:innen noch häufiger als ihre erfolgreichen Kommilitoninnen und Kommilitonen an Brückenkursen der Mathematik teil und scheitern trotzdem, während ihre das Studienziel erreichenden Mitstudierenden auch ohne den Besuch solcher Brückenkurse auskommen (vgl. ebd., S. 134).

Augenscheinlich fehlen im breiten Spektrum der Angebote die effektive Hinführung zur Selbstorganisation, die Methodenvermittlung im wissenschaftlichen Arbeiten (vgl. ebd., S. 131) oder auch Mentoring-Programme, die auf die fachlichen, inhaltlichen und organisatorischen Bedarfe der Ingenieurstudierenden zugeschnitten sind (vgl. ebd., S. 132).

Dazu kommt, dass sich Ingenieurstudierende nicht mit den erforderlichen (Vor-)Kenntnissen im Ingenieurstudium auseinandersetzen (vgl. ebd., S. 138). Weder die zentrale noch die fachbezogene Studienberatung werden in Anspruch genommen (vgl. ebd. S. 182), was angesichts der hohen Studienabbruchquoten zu denken gibt. Angebote und Bedarfe scheinen stark voneinander abzuweichen. Die abbrechenden

Ingenieurstudierenden vermissen im Unterschied zu ihren erfolgreichen Kommilitoninnen und Kommilitonen einen starken Praxisbezug (vgl. ebd., S. 177).⁹

Weiterentwicklungsperspektiven des Ingenieurstudiums für Lehrende, Fakultäten und Hochschulen

Die größte Herausforderung für die Gewinnung und Hochschulbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren besteht in der Passung der Maßnahmen der Lehrqualitätsentwicklung und -sicherung zu den studentischen Bedarfen. Obwohl sich gerade im letzten Jahrzehnt eine Vielzahl von Maßnahmen wie z. B. im Qualitätspakt Lehre entfaltet hat, steht nach wie vor die Wirksamkeit¹⁰ infrage, wie es die jüngsten Daten des Statistischen Bundesamts und des DZHW zu den Studierendenzahlen und Studienabbrüchen belegen. Ein für die einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Fächer und Studiengänge, gerade auch diversitätsbezogen aussagekräftiges Monitoring wird durch die disparate Erhebung unterschiedlicher Daten an verschiedenen Stellen erschwert.

Allerdings ist in den letzten Jahren ein deutlicher Bewusstseins- und Kulturwandel an den Hochschulen eingetreten, um die Anzahl der Ingenieurstudierenden in Deutschland zu erhöhen und deren Studienerfolg zu sichern. Die Verantwortung für den Erfolg oder Misserfolg sollte nicht mehr nur der Bestenauslese wie der Selbstselektion in den ersten Studiensemestern geschuldet sein (vgl. z. B. Berthold, Kessler, Kreft et al. Mai 2011), sondern wurde zunehmend (auch) zu einer Frage der Qualität der Hochschullehre, zumal diese im Vergleich zur Forschung und der damit einhergehenden Drittmittelwerbung, traditionell mit Reputation verbunden, bisher keinen hohen Stellenwert eingenommen hatte.

Diese Einstellungsveränderung in den Hochschulen und ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten wurde maßgeblich von außen, und zwar durch den Qualitätspakt Lehre des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, in den Hochschulen als erstes hoch dotiertes „Drittmittel“programm für die Hochschullehre (vgl. Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung der Johannes Gutenberg-Universität Mainz & Prognos AG 01.11.2018, S. 123 f.) wahrgenommen und hat das vielfältige Engagement der Hochschulrektorenkonferenz, verschiedener Ingenieurverbände und Stiftungen motiviert. Dabei sollte, wenn auch größtenteils noch belastbare Belege für die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit fehlen, grundsätzlich die Weiterentwicklung der Hochschullehrenden, der Fakultäten und Hochschulen hinsichtlich der hochschuldidaktischen Befähigung zur studierendenzentrierten und kompetenzorientierten Lehre sowie eines Qualitätsmanagements der Lehre mitgedacht werden. Auf diese Weise muss(te) vor allem den Ursachenbefunden für die Studienabbrüche Rechnung getragen werden. Dass dabei die standortspezifische Fakultäts- und Hochschulsitua-

9 Die VDMA hat auf der Grundlage einer früheren Sekundarauswertung des HIS-Studienqualitätsmonitors 2007–2011 zu den Ursachen der Studienabbrüche und hochschulbezogener Fallstudien ein Konzept der Lehrqualitätsentwicklung und -sicherung für das Maschinenbau- und Elektrotechnikstudium erarbeitet (vgl. VDMA 2013a/b/c/d/e), worauf die VDMA-Toolbox guter Lehre bzw. Studienbedingungen beruht (vgl. VDMA November 2014a/b).

10 Vgl. dazu den Evaluationsbericht des Zentrums für Qualitätssicherung und -entwicklung der Johannes Gutenberg-Universität Mainz & Prognos AG 01.11.2018 zum Qualitätspakt Lehre, S. 128 f.

tion wie -entwicklung maßgeblich ist, steht außer Frage (vgl. z. B. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017, S. 39 ff.; VDMA 2014a/b).

Bemerkenswert für die letzten Jahre ist sowohl die Entstehung einer bundesweiten Vernetzung in Innovations- und Expertisezirkeln als auch das, wenn auch hochschulpolitisch getriebene Bestreben, die Modellprojekte in digitalen Datenbanken bekannt zu machen und auf dieser Grundlage den Transfer an anderen Hochschulen zu ermöglichen. Nachfolgend seien exemplarische Initiativen und Projektsammlungen genannt, die sich unabhängig vom jeweiligen Förderprogramm und den daraus resultierenden Strukturierungskriterien an den einzelnen Hochschulen teilweise decken oder zumindest überschneiden:

- **Projektdatenbank des Qualitätspakts Lehre (2011–2020)**, in dem die „Ingenieurwissenschaften“, „Mathematik und Naturwissenschaften“ und „MINT-Fächer (alle)¹¹“ als Fächergruppen gelistet sind, zu denen je nach Hochschultyp Informationen nach Themenfeldern – Digitalisierung (nur 2. Förderperiode), Durchlässigkeit, Employability/Praxisbezug, Entwicklung innovativer Studienmodelle, Heterogenität/Diversität/Gleichstellung, Lehr-Lern-Konzepte, Qualifizierung des Personals, Qualitätssicherung, Studieneingangsphase, Verbesserung der Personalausstattung, Verbesserung der Studieninfrastruktur, Wertschätzung der Lehre (nur 2. Förderperiode) und Adressatinnen und Adressaten – Absolventinnen und Absolventen, ausländische Studierende, Berufstätige, Bildungsinländer:innen mit Migrationshintergrund, Lehrbeauftragte, nichtwissenschaftliches Personal/Verwaltung, Professorinnen und Professoren, Schüler:innen, Studierende allgemein, Studierende im 1. Studienjahr, Tutorinnen und Tutoren, Mentorinnen und Mentoren, wissenschaftliche, künstlerische Mitarbeiter:innen – abgerufen werden können.
- **Projektdatenbank „Gute Beispiele und Konzepte – Good Practice“ des „Projekts nexus. Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern“ der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) (2011–2020)**, in der Projektinformationen hochschulbezogen nach Fächern – so auch „Mathematik, Naturwissenschaften“, „Ingenieurwissenschaften“, „Informatik“ – und Themen – Studiengangsentwicklung, Wissenschaftsbezug/Forschendes Lernen, Studienqualität, Studieneingangsphase, Arbeitsmarktrelevanz, Praxisbezüge, Lehrerbildung; Lehre, Lernen und Prüfung, Lernergebnis- und Kompetenzorientierung, Durchlässigkeit/Anrechnung, Diversität, Anerkennung, Staatsexamen, Master, Bachelor, Mobilität, Digitalisierung – vorgehalten werden¹², darüber hinaus Runder Tisch Ingenieurwissenschaften mit dem Schwerpunkt auf der „Studieneingangsphase“ und der „Qua-

11 MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik.

12 Die Kombination der Eingaben „Ingenieurwissenschaften“ und „Diversität“ in die nexus-Projektdatenbank „Gute Beispiele und Konzepte – Good Practice“ ergibt die folgenden zehn Treffer: Technische Universität Dresden: Projektwoche BeING Inside: Interdisziplinäre Praxis für MINT-Fächer; Technische Universität Darmstadt: Servicestelle Teilzeitstudium, Studieren mit Kind erleichtert Studium; Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS): BEST-FIT für mehr Studienerfolg; Technische Universität Hamburg: Professionalisierung der Lehre; Technische Universität Darmstadt: „G-MINT“: Verbesserung der Unterrichtsqualität in den MINT-Fächern; Fachhochschule Münster: Die Rechenbrücke; Technische Hochschule Mittelhessen: THM: Kollaboratives Lernen mit Echt-Welt-Charakter; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg: Gut Orientiert Studieren; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen: Informiert ins Studium; Universität Stuttgart: QuaLIKISS- Individualität und Kooperation im Stuttgarter Studium.

likationsphase: Übergang in den Beruf“, dazu Handreichungen zu einem „Fachqualifikationsrahmen in den Ingenieurwissenschaften“ (HRK, Projekt nexus März 2020), zur Lehr- und Curricularentwicklung¹³ (HRK, Projekt nexus November 2017) und außercurricularen Maßnahmen (HRK, Projekt nexus November 2016); vgl. außerdem das „Glossar der Studienreform – Begriffe, Konzepte und Tools“.

- **„Maschinenhaus-Toolbox – Die richtigen Werkzeuge für ein erfolgreiche Studium“ (2014) des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)** (vgl. VDMA November 2014a/b) als eine der fünf Säulen der Initiative „Maschinenhaus – Plattform für innovative Lehre“: Darlegung eines systematischen, an Hochschulprojekten exemplifizierten Qualitätsmanagements der ingenieurwissenschaftlichen Lehre und Hochschulumgebung im gesamten Studienverlauf (einschließlich der studienvorbereitenden Phase und des Übergangs in den Beruf) mit phasenbezogenen Tools, Materialien bzw. Checklisten zur Umsetzung, Good-Practice-Beispielen in Zuordnung zu den folgenden Studienphasen:

(1) **Vorstudienphase:**

Studiengangsmarketing, Zusammenarbeit mit Schulen, Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern, (Online-)Selbsttests zur Studienorientierung, Eignungstests/fachspezifische Studierfähigkeitstests, Auswahlgespräche, Vorpraktikum (vgl. VDMA 2014b, S. 19 ff.);

(2) **Studieneingangsphase:**

Vorkurse/Brückenkurse, Orientierungs-, Startereinheit zu Studienbeginn, projektorientierter Studieneinstieg, Gestaltung der Studieneingangsphase als fachliche Orientierungsphase, Betreuung der Studierenden im Rahmen von Buddy-Programmen, Angebote für fachliche Betreuung und Unterstützung, weitere in (3) einsortierte Tools: Gestaltung von Prüfungen und Sicherung des Lernfortschritts, Unterstützung bei der Studienfinanzierung, Anpassung des Curriculums für besondere Bedürfnisse von Studierenden (vgl. ebd., S. 59 ff.);

(3) **Studienphase:**

Betreuung der Studierenden, Gestaltung von Prüfungen und Sicherung des Lernfortschritts, projektorientierte und anwendungsbezogene Lehr-, Lern-Formen, Gewinnung von Lehrenden aus der Praxis, Unterstützung des überfachlichen Kompetenzerwerbs, Unterstützung bei der Studienfinanzierung, Flexibilisierung des Studiums, Anpassung des Curriculums für besondere Bedürfnisse von Studierenden (vgl. ebd., S. 117 ff.);

(4) **Praktikumsphase:**

Praktikumsordnung, -leitfaden und -datenbank, spezielle Beratungsgespräche, Veranstaltungen: Workshops/Infoveranstaltungen etc., Veranstaltungen zur Berufsinformation/Vorträge, Kooperation und Kommunikation mit Praktikumsgeberinnen und -gebern, Vorpraktikum (vgl. ebd., S. 171–179);

¹³ Vgl. Matthiesen 26.09.2013 für die Querschnittsgruppe Lehre und Weiterbildung (QLW) der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP).

(5) **Internationalisierung:**

Unterstützung von Auslandsaufenthalten (vgl. ebd., S. 181 ff.);

(6) **Studienabschlussphase:**

Vorbereitung und Betreuung der Abschlussarbeit, Beratung/Begleitung der Studierenden beim Übergang vom Studium in den Beruf, Alumni-Arbeit (vgl. ebd., S. 191 ff.);

außerdem:

Qualitätsmanagement der Lehre:

Berücksichtigung von Lehraspekten in Berufungsverfahren, hochschuldidaktische Angebote, Anreizsysteme (Würdigung von Lehrleistungen über Leistungsbezüge in der W-Besoldung oder Lehrpreise), Lehrbeauftragtenmanagement, Entwicklung des Curriculums, Lehrplanung (vgl. ebd., S. 203 ff.);

Qualitätsmanagement in der Hochschulorganisation:

[Konzeption:] Abstimmung der Ziele, Instrumente und Indikatoren, Klärung der Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten, Prozesse und Ressourcen (Qualitätsmanagementbeauftragte, Auswertung der Daten und Konsequenzen, Transparenz des QM-Prozesses) (vgl. ebd., S. 225 ff.);

Qualitätsmessung:

[Konzeption:] Befragungen (von Studienanfängerinnen und -anfängern, Studierenden, weiterer Gruppen), Evaluationen (studentische Lehrveranstaltungsevaluationen, Studiengangsevaluation), Workload-Erhebungen, Studienverlaufsanalysen und Kohortenverfolgung, weitere Auswertung hochschulstatistischer Daten, dialogorientierte Verfahren/Gespräche, Datenerfassung zu Beratungs- und Unterstützungsangeboten (vgl. ebd., S. 235 ff.).

Die weiteren vier Säulen der – auf Maschinenbau und Elektrotechnik ausgerichteten und seit 2019 die Informatik berücksichtigenden – Initiative „Maschinenhaus – Plattform für innovative Lehre“ sind Transferprojekte, Erfahrungsaustausch, Hochschulpreis „Bestes Maschinenhaus“ (2013 Studieneingangsphase, 2015 Didaktik der Lehre, 2017 Praxisorientierung und Berufsvorbereitung, 2019 Industrie 4.0), Hochschulpolitik (Aufwertung des Stellenwerts Lehre, Analyse politischer Handlungsfelder) (vgl. Website und VDMA-Bilanz-Bericht 2018); vgl. außerdem die Bologna-Studie (vgl. VDI, Stiftung Mercator & VDMA 17.03.2016) u. a. mit dem Ergebnis der Erfordernis einer intensiveren Praxisorientierung in Vorbereitung auf den Ingenieurberuf.

- **BEETBox „Best Practices in Engineering Education 4.0“ des Verbundprojekts ELLI 2 (2016–2020)** („Excellent Teaching and Learning in Engineering Science“) der RWTH Aachen University, der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund (Qualitätspakt Lehre) mit den Schwerpunkten
 - „Remote-Labore und virtuelle Lernwelten“ (E-Learning und Mobile Learning, Virtuelle Labore, Remote Labore),

- „Globalisierung“ (Internationalization at home, transnationale Aktivitäten, Produktiver Umgang mit Vielfalt),
 - „Student Life Cycle“ (Wege in die Universität, Studieneingangsphase und Begleitung im Studium, Perspektiven nach dem Abschluss),
 - „Entrepreneurship“ (Kreativität und Interdisziplinarität, Förderung unternehmerischen Denkens).
- (Vgl. dazu auch Isenhardt, Petermann, Schmohr et al. 2020).
- **Best-Practice-Sammlung der acatech-Studie (2017)** zu Eignungsfeststellungsverfahren, Online-Self-Assessments und integrierten Programmen zur Studienunterstützung an verschiedenen Hochschulstandorten¹⁴ (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017, S. 39 ff.);
 - **„Maßnahmenkatalog und Best-Practice-Beispiele“ des Qualitätszirkels Studierfolg¹⁵ (Juni 2013 bis Mitte 2015)** mit Einbeziehung ingenieurwissenschaftlicher Kontexte im Handbuch „Studierfolg“ des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft (vgl. Berthold, Jorzik & Meyer-Guckel 2015, S. 120 ff.) in der Bildungsinitiative „Zukunft machen“, vgl. dazu auch den Schwerpunkt **„MINT-Bildung“ der Bildungsinitiative des Stifterverbands**.
 - **„Mathematik in der Ingenieurausbildung“ des Lehreⁿ Kollegs für den Transfer von Studienreformprojekten Lehreⁿ (Mathematik) (2013) der Gemeinschaftsinitiative „Lehreⁿ — Das Bündnis für Hochschullehre“** der Alfred Toepfer Stiftung F. V. S., der Joachim Herz Stiftung, der NORDMETALL-Stiftung, des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft und der VolkswagenStiftung: Projektbeispiele der Studienreform zu den Einführungsveranstaltungen Mathematik in den Fächern Elektrotechnik, Mechatronik, Umwelttechnik und Maschinenbau – mit Vertreterinnen und Vertretern des Fachs Mathematik im Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik der Fachhochschule Aachen, des Departments für Informations- und Elektrotechnik der Fakultät Technik und Informatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, der Fakultäten Maschinenbau und Elektrotechnik der Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften Wolfenbüttel, des Instituts für Mathematik an der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Berlin, des Servicezentrums Mathematik und Anwendungen der Fakultät für Mathematik der Ruhr-Universität Bochum, der Forschungsgruppe Mathematische Modellbildung und Simulation an der Fakultät für Mathematik und Geoinformation der Technischen Universität Wien.

¹⁴ Folgende Hochschulen waren am acatech-Projekt (vgl. Klöpping, Scherfer, Gokus et al. 2017) beteiligt: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Technische Universität Darmstadt, Universität Duisburg-Essen, Technische Universität Dortmund, Universität Stuttgart, Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg, Technische Universität Berlin, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und Technische Universität München.

¹⁵ Dem Qualitätszirkel „Studierfolg“ gehörten folgende vom Stifterverband im gleichnamigen Programm ausgewählte Hochschulen an: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Hochschule Bremerhaven, Universität Duisburg-Essen, Fachhochschule Köln, Technische Universität München, SRH Fernhochschule Riedlingen.

Hochschullehrende und Fakultäten: Von „Reformierten“ zu „Reformerinnen und Reformern“

Die Studienreform in den Ingenieurwissenschaften, verbunden mit dem technologischen Wandel, hat im Vergleich zu 2014 in 2018 und 2019 308 neue ingenieurwissenschaftliche Studiengänge (von insgesamt 3.500 und damit 9,6 % mehr Studienangebote) hervorgebracht, von denen 50 im Studiengangstitel „engineering“ enthalten (vgl. Hachmeister & Grevers Oktober 2019, S. 18, 23). Zudem stellt sich gerade mit Blick auf die Kompetenzanforderungen von Industrie 4.0 die Frage, inwiefern bestehende Studiengänge um neue Module erweitert oder ob eher „hybride“ Studiengänge angeboten werden sollten, die zwei oder mehr ingenieurwissenschaftliche Fächer miteinander kombinieren. Die in einer Impuls-Studie des VDMA befragten Unternehmen sprachen sich im Verhältnis von 39 % zu 28 % für eine „hybride“ Studiengangsentwicklung in den Ingenieurwissenschaften aus (vgl. Heidling, Meil, Neumer et al. Januar 2019, S. 37). Zudem würden sich 20 % „Studiengänge speziell für Ingenieure bzw. Techniker mit längerer Berufserfahrung“ als „Aufbau- oder Erweiterungsstudiengänge“ wünschen (vgl. ebd.).

Deutlich wird unternehmensseitig das Primat des Praxisbezugs in den Ingenieurwissenschaften (vgl. VDMA Oktober 2017), dem auch in Berufungsverfahren von Professorinnen und Professoren in Form von Industrieerfahrung trotz der gestiegenen Bedeutung von Zitationsindizes nach wie vor ein hoher Stellenwert zukommen soll (vgl. Albers 2016; acatech 2018; VDMA Januar 2016), weshalb auch duale Studiengänge zunehmend an Bedeutung gewinnen (vgl. VDMA 2020b).

Ingenieurwissenschaftliche Fakultäten und Hochschullehrende stehen daher – statusrechtlich auf freiwilliger Basis – vor der vielfältigen Herausforderung, den stetig fortschreitenden technologischen und digitalen Wandel in der Verzahnung forschenden und praktischen Lernens in der Studiengangsentwicklung wie in den Lehr- und Studienformaten möglichst interdisziplinär – innerhalb der Ingenieurwissenschaften, aber auch darüber hinaus mit anderen Fachrichtungen wie z. B. den Wirtschaftswissenschaften (Wirtschaftsingenieurwesen) oder der Medizin (Medizintechnik) – abzubilden und mit dem persönlichkeitsbildenden Konzept der Ingenieurin bzw. des Ingenieurs – sowohl als Generalist:in wie in möglichen Spezialisierungen – kompetenzorientiert zu unterlegen. Dass sich gerade angesichts der Bewältigung dieser Bildungsaufgaben ingenieurwissenschaftliche Professorinnen und Professoren hochschuldidaktisch weiterqualifizieren sollten und auch hierfür interdisziplinäre Kooperationen mit pädagogischen und psychologischen Fachdisziplinen zur professionellen Ausbildung ingenieurwissenschaftlicher Hochschul-Fachdidaktiken gesucht werden müssten (vgl. Senger 2012), sollte sich wohl von selbst verstehen. Denn wenn die Ingenieurlehrenden ihren Studierenden Interdisziplinarität, Theorie-Praxis-Verzahnung und Diversität als (Aus-)Bildungsziele angedeihen lassen wollen bzw. „zumuuten“ sollen, muss vorausgesetzt werden, dass sie selbst eine solche Haltung einnehmen und diese in der studentischen Lehre und Betreuung als Vorbild und authentisch umsetzen.

Diversitätspotenziale der Gewinnung und Weiterbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren

Da das Kapitel 3.9. Diversität und Wirtschaft des vorliegenden Bandes herausarbeitet, dass das Fehlen von Ingenieurinnen und Ingenieuren einen bedeutenden Faktor für den Fachkräftemangel in Deutschland darstellt und aus diesem Grund weitere, bisher vernachlässigte Diversitätspotenziale insgesamt erschließt, sollen an dieser Stelle nur beispielhaft einige ingenieurbezogene Entwicklungstendenzen umrissen werden.

Im Zentrum der Bemühungen um den **weiblichen Ingenieurnachwuchs** steht das Aufbrechen der traditionellen stereotypen Geschlechtervorstellung vom Männerberuf „Ingenieur“, verbunden mit Werbe- und Fördermaßnahmen vom Kindesalter über das Studium der Ingenieurwissenschaften und der Informatik bis hin zum Berufseinstieg. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die gleichberechtigte Ansprache, wie z. B. im Nationalen MINT Forum e. V. oder auch auf regionaler Ebene im MINTforum Hamburg gelegt. Der Nationale Pakt für Frauen in MINT-Berufen „Komm, mach MINT“, das Handlungsfeld „Chancen von Frauen und Mädchen in MINT“ des MINT-Aktionsplans des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), der jährliche Girls' Day oder auch das Projekt „CyberMentor – Die Online-MINT-Plattform nur für Mädchen!“ richten ihr Augenmerk darauf, mit besonderen Angeboten und Netzwerken Mädchen und junge Frauen für den Ingenieurberuf zu begeistern. Hochschulen und ingenieurwissenschaftliche Fakultäten haben die Notwendigkeit erkannt, sich intensiver damit auseinanderzusetzen, wie sie am besten weibliche Studierende erreichen können, um sie für ein Ingenieurstudium zu gewinnen (vgl. Ihsen & Schneider 24.06.2010, im Auftrag von 4ing).

Auch wenn **ingenieurwissenschaftliche Studierende mit Migrationshintergrund** nicht häufiger das Studium als ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen abbrechen (vgl. Ebert & Heublein 2017, S. 22), sind verstärkte Anstrengungen zur Gewinnung dieser Zielgruppe für ein Ingenieurstudium erforderlich, zumal der Migrationshintergrund häufig mit einer sozialen – studienfernen – Herkunft konvergiert (vgl. Morris-Lange 2017, S. 20) und mögliche Selbstzweifel am Studienerfolg schon von vornherein die Absicht eines Studiums wieder verwerfen lässt (vgl. El-Mafaalani 2014 und die Initiative „ArbeiterKind.de: Für alle, die als Erste in ihrer Familie studieren“). Morris-Lange nennt als „Stolpersteine“ von Studierenden mit Migrationshintergrund Herausforderungen der (Fach-)Sprache, der Studienvorbereitung und häufigere soziale Isolation (vgl. ebd. 2017, S. 16). Auf bildungs- und hochschulpolitische Ansatzpunkte zur Gewinnung dieser Zielgruppe für ein ingenieurwissenschaftliches Studium, insbesondere zur Integration und zur Motivation der Befassung mit Technik von Kindesbeinen an, weist bereits eine frühere Studie der Technischen Universität München hin (vgl. Ihsen, Hantschel, Hackl et al. Januar 2010, S. 16 f. im Auftrag von 4ing).

Die Ursachenforschung für den Studienabbruch **internationaler Ingenieurstudierender** wurde bisher noch nicht vertieft diversitätsbezogen vorangetrieben (vgl. Kercher 2018, S. 8). Allerdings scheint, verbunden mit der Studienmotivation, das Gelingen der Integration in das deutsche Studiensystem und Alltagsleben für die internationalen Studierenden (vgl. Morris-Lange 2017, S. 21 ff.) ein wichtiger Faktor für den Studienerfolg darzustellen. Für die Geflüchteten ist neben der Aussicht, in Deutsch-

land zu verbleiben und eine Studienfinanzierung zu erhalten, die Überwindung der Sprach- und Kulturbarrieren entscheidend für das Festhalten an einer Studienabsicht in Deutschland (vgl. Grüttner, Schröder, Berg et al. 2020, S. 8). In demselben Bestreben verfolgen Unternehmen Integrationsbemühungen, um ihre Attraktivität auf ausländische Ingenieurinnen und Ingenieure als Arbeitnehmer:innen zu erhöhen und damit eine internationale Ausstrahlungskraft für potenzielle Kundinnen und Kunden sowie weitere mögliche Bewerber:innen zu entfalten (vgl. Heuer & Pierenkemper November 2020, S. 4).

In diesem Zusammenhang ist der Nationale Integrationsplan von Bedeutung, der in fünf Phasen auf die sprachliche, soziale und kulturelle Integration und gleichberechtigte Teilhabe von Zuwandererinnen und Zuwanderern hinwirkt: (1) Phase vor der Zuwanderung – Erwartungen steuern – Orientierung geben, (2) Phase der Erstintegration – Ankommen erleichtern – Werte vermitteln, (3) Phase der Eingliederung – Teilhabe ermöglichen – Leistung fordern und fördern, (4) Phase des Zusammenwachsens – Vielfalt gestalten – Einheit sichern, (5) Phase des Zusammenhalts – Zusammenhalt stärken – Zukunft gestalten.¹⁶ So sieht z. B. „Make it in Gemany“, das Portal der Bundesregierung für Fachkräfte, insbesondere auch für Ingenieurinnen und Ingenieure in Deutschland, vor, dass vorgeschriebene Niveaus an Deutschkenntnissen die Voraussetzung sind, um in Deutschland ein Studium aufzunehmen oder einen Beruf zu ergreifen.

Die Integration wie Partizipation internationaler Mitbürger:innen wird zur Selbstverpflichtung in der Gesellschaft, die alle Beteiligten gleichermaßen angeht und bereichert. Ebenso verhält es sich mit der Wahrnehmung der Verantwortung für die Gestaltung des technologischen und digitalen Wandels. Die Teilhabe an dessen Vorteilen scheint zwar selbstverständlich, hängt aber wesentlich davon ab, ob es künftig gelingt, ein gesellschaftliches Umfeld zu schaffen, in dem diverse Menschen für den Ingenieurberuf gewonnen und gebildet werden können.

3.6.4. Gesellschaftlicher Auftrag zur ingenieurwissenschaftlichen Bildung

Das nachlassende Interesse an ingenieurwissenschaftlichen Fächern (vgl. BMBF/OECD 2019) legt es nahe, gezielte und systematische Maßnahmen zu ergreifen, die einer solchen, dem technologischen und digitalen Wandel abträglichen Entwicklung entgegensteuern. Wesentlich ist die Entwicklung wie Stärkung einer intrinsischen Motivation für die Befassung mit Technik, die nicht nur die Nutzbarkeit, sondern vor allem auch die ethische Auseinandersetzung mit technischen Innovationen in den Blick nimmt. Denn zum einen erlaubt die Technik, in besonderem Maße die Digitalisierung, Alltagsunterstützungen, die kaum jemand missen möchte, wie z. B. die stän-

¹⁶ Wie die Integration internationaler Promovierender als Partizipation gelingen, beschreiben die „Internationalen Doktorandenstudien“ anhand der Projekterfahrungen des „Tutoriums für ausländische Doktorandinnen und Doktoranden“ der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (vgl. Senger 2003).

dige soziale Vernetzung via Smartphone, ortsunabhängiges Arbeiten im Home oder Remote Office. Zum anderen kann nur der ständige technische Fortschritt erreichen, dass sich die Menschheit nur so vieler Ressourcen bedient, wie es die Umwelt – so z. B. auch das Klima – verkraftet. Dazu bedarf es der Erschließung und Nutzung natürlicher Energiequellen, sodass Mensch und Natur nachhaltig eine Symbiose bilden und auch den nachfolgenden Generationen ein Leben ohne Klimakatastrophen u. Ä. ermöglicht wird. Diese Forderungen der Fridays for Future-Bewegung sind hinlänglich bekannt.

Allerdings wird häufig verkannt oder ist zu wenig im gesellschaftlichen Bewusstsein verankert, dass ein umfassendes und in den verschiedenen natürlichen Technologien vertieftes Ingenieurwissen der Schlüssel zur Hilfe in Krisen, Katastrophen und Umwälzungen, die die heutige Menschheit umtreiben, ist. Denn der Ingenieurberuf zeichnet sich nicht nur durch Problemlösekompetenz in einem interdisziplinären Anforderungsspektrum wie z. B. der Umwelt- oder der Medizintechnik aus, sondern auch durch die ethische Relevanz und mögliche Tragweite ingenieurwissenschaftlichen Wirkens.

Gerade auch vor diesem Hintergrund ist es geboten, in allen biografischen Etappen nicht nachzulassen, für die Bedeutung ingenieurwissenschaftlicher Bildung sinnstiftend zu sensibilisieren. Wesentlich ist hierbei, dass bereits in den Elternhäusern darauf hingewirkt wird, dass bei Kindern und Jugendlichen das Technikverständnis in globalen Zusammenhängen geweckt und geschult wird. Schulen und Hochschulen sollten sich zum Ziel setzen, dass Jugendliche und Studierende mit den MINT-Fächern und Ingenieurwissenschaften weniger lästige Mathematikurse verbinden als sich mit dem Ideal identifizieren, der Menschheit und der Umwelt helfen zu können, wenn sie es schaffen, die Durststrecke des Erwerbs mathematisch-theoretischen Grundlagenwissens durchzuhalten. Dass es dazu sowohl eines kompetenzorientierten Lehr- und Lernansatzes als auch eines starken Praxisbezugs im Ingenieurstudium bedarf, hat der Beitrag ausführlich vorgehalten. Mit der sich wandelnden Motivationskultur für technische Fächer muss eine Veränderung der Hochschulkultur einhergehen, die ganz entscheidend auf die Persönlichkeitsbildung, das ethische Verantwortungsbewusstsein, das Durchhaltevermögen für höhere soziale Ziele und die Kreativitätsförderung der Studierenden in divers wie interdisziplinär zusammengesetzten Teams, auch in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, mit kooperativen und projektbezogenen Lehr- und Lernformen abhebt.

Denn bei der Studierendengewinnung und im Ingenieurstudium muss es demzufolge um Masse *und* Klasse gehen, wobei Klasse hier gleichermaßen fachliche Exzellenz *und* Persönlichkeit meint. Damit ist die ingenieurwissenschaftliche Hochschullehre zwingend an die Problemanforderungen der aktuellen technologischen und digitalen Entwicklungen anzupassen, um den Studierenden möglichst authentische Lern- und Verantwortungsbedingungen zu bieten und sie zu Problemlöseexpertinnen und -experten mit eigenverantwortlichem Denken und Handeln heranzubilden, d. h. sie also gleichermaßen zu fördern und zu fordern. Denn der im Studium ausgeprägte Ingenieurhabitus wird im unternehmerischen Berufsleben weitertragen und hat Folgen für künftige Führungs- und Betriebskulturen. Mit dieser Zielsetzung

der Berücksichtigung vielfältiger Perspektiven wie Perspektivwechsel ist es selbstverständlich, die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen – diversen – Fach- und Berufsfeldern wie in der geplanten Qualitätsoffensive Diversität anzustreben und zu pflegen.

Literatur

- Albers, A. (2016). *Zitationsindizes in Berufungsverfahren. Gedanken zu Zitationsindizes als Leistungsindikatoren der wissenschaftlichen Produktentwicklung. Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP)*. Verfügbar unter http://www.wigep.de/fileadmin/Positions-_und_Impulspapiere/Zitationsindizes_in_Berufungsverfahren.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- ArbeiterKind.de gemeinnützige GmbH zur Förderung des Hochschulstudiums von Nicht-Akademikerkindern (Hg.) (o. J.). *ArbeiterKind.de. Für alle, die als Erste in ihrer Familie studieren*. Verfügbar unter <https://www.arbeiterkind.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Berger, M. & Hegger, T. (November 2019). *Studienabbruch und Fachwechsel als gesellschaftliches Problem. Maßnahmen zur Sicherung der Studierfähigkeit*. VDE-Empfehlung. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/2005840/a7be14510d32e028cc600061aac24c40/studienabbruch---download-data.pdf> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Berthold, C., Jorzik, B. & Meyer-Guckel, V. (Hg.) (2015). *Handbuch Studienerfolg. Strategien und Maßnahmen: Wie Hochschulen Studierende erfolgreich zum Abschluss führen*. (Reihe Positionen). Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Verfügbar unter <https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FIid=1074250#vollanzeige> (Zugriff am: 31.12.2021).
- Berthold, C., Kessler, M. S., Krefl, A.-K. & Leichsenring, H. (Mai 2011). *Schwarzer Peter mit zwei Unbekannten. Ein empirischer Vergleich der unterschiedlichen Perspektiven von Studierenden und Lehrenden auf das Studium*. Arbeitspapier Nr. 141. Verfügbar unter https://www.che.de/download/che_ap141__doppelbefragung-pdf/ (Zugriff am: 31.12.2020).
- Bundesagentur für Arbeit (BA) (Hg.) (März 2019). *Ingenieurinnen und Ingenieure*. (Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt). Nürnberg. Verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Berufe/Generische-Publikationen/Broschuere-Ingenieure.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff am: 31.12.2020).
- Bundesagentur für Arbeit (BA) (Hg.) (13.12.2017). *Inklusion am Arbeitsplatz. Als Schwerbehinderter auf Jobsuche*. *Faktor A – Das Arbeitgebermagazin*. Verfügbar unter <https://faktor-a.arbeitsagentur.de/mitarbeiter-finden/als-schwerbehinderter-auf-jobsuche/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hg.) (o. J.). *Projektdatenbank des Qualitätspakts Lehre. Maßnahmen und Themenfelder der geförderten Projekte suchen und finden*. Verfügbar unter <https://www.qualitaetspakt-lehre.de/de/projekte-im-qualitaetspakt-lehre-suchen-und-finden.php> (Zugriff am: 31.12.2020).

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hg. für die deutsche Übersetzung) (2019). *Bildung auf einen Blick 2019. OECD-INDIKATOREN*. Bielefeld: wbv Media. Verfügbar unter https://www.wbv.de/shop/themenbereiche/bildungs-und-sozialforschung/shop/detail/name/_/0/1/6001821m/facet/6001821m////////nb/0/category/970.html (Zugriff am: 31.12.2020).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Juli 2019/Februar 2019). *Mit MINT in die Zukunft! Der MINT-Aktionsplan des BMBF*. Berlin: Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/upload_file_store/pub/MINT_Aktionsplan.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hg.) (Februar 2019/November 2016). *Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Berlin: Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG. Verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Daheim, C. & Wintermann, O. (März 2016). *2050: Die Zukunft der Arbeit. Ergebnisse einer internationalen Delphi-Studie des Millennium Project*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. Verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/BST_Delphi_Studie_2016.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Destatis/Statistisches Bundesamt (Hg.) (2020). *Bildung und Kultur. Studierende an Hochschulen. Wintersemester 2019/2020*. Fachserie 11 Reihe 4.1. (Reihe wissen. nutzen). Wiesbaden. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/studierende-hochschulen-endg-2110410207004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am: 31.12.2020).
- Destatis/Statistisches Bundesamt (Hg.) (11.12.2020). *Zahl der Studierenden im Wintersemester 2020/2021 auf neuem Höchststand*. Pressemitteilung Nr. 497. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/12/PD20_497_213.html (Zugriff am: 31.12.2020).
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) (Hg.) (2018). *Berufungen in den Technikwissenschaften. Empfehlungen zur Stärkung von Forschung und Innovation*. (Reihe acatech POSITION). München. Verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/berufungen-in-den-technikwissenschaften-empfehlungen-zur-staerkung-von-forschung-und-innovation/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) & Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) (Hg.) (2020). *Wissenschaft weltweit kompakt 2020. Daten und Fakten zur Internationalität von Forschung und Lehre in Deutschland*. Verfügbar unter http://www.wissenschaftweltoffen.de/kompakt/wwo2020_kompakt_de.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Die Beauftragte der Bundesregierung für Migration, Flüchtlinge und Integration (Hg.) (2018a). *Startschuss für den Nationalen Aktionsplan Integration. Integrationsangebote bündeln, ergänzen und weiterentwickeln*. Verfügbar unter <https://www.integrationsbeauftragte.de/ib-de/amt-und-person/aktionsplan-integration> (Zugriff am: 31.12.2020).

- Die Beauftragte der Bundesregierung für Migration, Flüchtlinge und Integration (Hg.) (2018b). *Nationaler Aktionsplan Integration (NAP-I). 5 Phasen der Zuwanderung und des Zusammenlebens*. Verfügbar unter <https://www.integrationsbeauftragte.de/resource/blob/72490/1141868/665fa8126ed4d8d4947fd1f71e19dcf4/nationaler-aktionsplan-juni2018-data.pdf> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Die Bundesregierung (Hg.) (2019a). *Make it in Germany. Das Portal der Bundesregierung für Fachkräfte aus dem Ausland*. Verfügbar unter <https://www.make-it-in-germany.com/de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Die Bundesregierung (Hg.) (2019b). *Brauche ich Deutschkenntnisse? In dies. (Hg.). Make it in Germany. Das Portal der Bundesregierung für Fachkräfte aus dem Ausland*. Verfügbar unter <https://www.make-it-in-germany.com/de/leben-in-deutschland/deutsch/deutschkenntnisse> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Ebert, J. & Heublein, U. (2017). *Ursachen des Studienabbruchs bei Studierenden mit Migrationshintergrund. Eine vergleichende Untersuchung der Ursachen und Motive des Studienabbruchs bei Studierenden mit und ohne Migrationshintergrund auf Basis der Befragung der Exmatrikulierten des Sommersemesters 2014*. Essen: Stiftung Mercator GmbH. Verfügbar unter https://www.dzhw.eu/pdf/21/bericht_mercator.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- El-Mafaalani, A. (2014). *Vom Arbeiterkind zum Akademiker. Über die Mühen des Aufstiegs durch Bildung*. Sankt Augustin/Berlin: Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. Verfügbar unter https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=a2af0ac0-e96c-3637-7e86-6b2a88dd7105&groupId=252038 (Zugriff am: 31.12.2020).
- Geschäftsstelle des Nationalen Pakts für Frauen in MINT-Berufen (Hg.). *Komm mach MINT. Nationaler Pakt für Frauen in MINT-Berufen*. Verfügbar unter <https://www.komm-mach-mint.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Grüttner, M., Schröder, S., Berg, J., Otto, C. & Laska, O. (2020). *Geflüchtete in der Studienvorbereitung. Individuelle, soziale und institutionelle Faktoren beeinflussen den Erfolg*. DZHW-Brief 07/2020. Verfügbar unter https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_07_2020.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hachmeister, C.-D. & Grevers, J. (Oktober 2019). *Die Vielfalt der Studiengänge 2019. Entwicklung des Studienangebotes in Deutschland zwischen 2014 und 2019*. (Reihe Im Blickpunkt). Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung (CHE). Verfügbar unter <https://www.che.de/download/im-blickpunkt-die-vielfalt-der-studiengaenge/?wpdmdl=13351&refresh=602ac55dcb6cc1613415773> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Heidling, E., Meil, P., Neumer, J., Porschen-Hueck, S., Schmierl, K., Sopp, P. & Wagner, A. (Januar 2019). *Impuls. Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0*. Frankfurt am Main: IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik. Verfügbar unter http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875823/Ingenieurinnen%30und%30Ingenieure%30of%30%30%30Industrie%304.0_IMPULS%30Studie%30Januar%302019.pdf/9a5672ea-6fe3-a379-2a70-a8536fbfe73e (Zugriff am: 31.12.2020).

- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. (Forum Hochschule 1|2017). Hannover: DZHW. Verfügbar unter https://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020a). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. DZHW (Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung)-Brief 2020, 3. Verfügbar unter https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_03_2020.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020b). *Anhang zum DZHW-Brief 03 2020*. Verfügbar unter https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_03_2020_anhang.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Heuer, C. & Pierenkemper, S. (November 2020). *Kulturelle Vielfalt in Unternehmen. Erfahrungen, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren. KOFA-STUDIE 3/2020*. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA). Verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2020/KOFA-Studie-Kulturelle-Vielfalt-in-Unternehmen_2020.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. *Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern*. (Hg.) (o. J.). *Der Runde Tisch Ingenieurwissenschaften*. Verfügbar unter <https://www.hrk-nexus.de/runde-tische/ingenieurwissenschaften/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. *Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern*. (Hg.) (o. J.). *Glossar der Studienreform – Begriffe, Konzepte und Tools*. Verfügbar unter <https://www.hrk-nexus.de/glossar-der-studienreform/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. *Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern*. (Hg.) (o. J.). *Gute Beispiele und Konzepte – Good Practice*. Verfügbar unter <https://www.hrk-nexus.de/material/gute-beispiele-und-konzepte-good-practice/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. *Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern*. (Hg.). (2020). *Handreichung. Gestaltung eines Fachqualifikationsrahmens in den Ingenieurwissenschaften*. Bonn. Verfügbar unter https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Handreichung_FQR_Ing_Web_mLinks.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. *Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern*. (Hg.) (2017). *Handreichung Curriculare Lehre neu gestalten: Chancen und Hindernisse. Empfehlung des Runden Tisches Ingenieurwissenschaften*. Bonn. Verfügbar unter <https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/2017-Ing-Handreichung-Curriculare-Lehre.pdf> (Zugriff am: 31.12.2020).

- Hochschulrektorenkonferenz (HRK), Projekt nexus. Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern. (Hg.) (2016). *Handreichung. Erfolgversprechende Faktoren für extracurriculare Maßnahmen in der Studieneingangsphase. Empfehlung des runden Tisches Ingenieurwissenschaften*. Bonn. Verfügbar unter https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Ing_Handreichung.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Initiative Klischeefrei, Initiative zur Berufs- und Studienwahl (Hg.) (o. J.). *Studienabbruchquoten. Verhältnis von Männern und Frauen bei vorzeitigen Studienabbrüchen*. Faktenblatt. S. 1–2. Verfügbar unter https://www.klischee-frei.de/dokumente/pdf/Klischeefrei_Faktenblatt_Studienabbruchquoten.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Ihsen, S. & Schneider, W. (24.06.2010). *Gender-Umfrage bei den Mitgliedern von 4ing*. Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik an Universitäten e. V.: Fakultätentag Bauingenieurwesen und Geodäsie (FTBG), Fakultätentag Elektrotechnik und Informationstechnik (FTEI), Fakultätentag Informatik (FTI), Fakultätentag Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV).
- Ihsen, S., Hantschel, V., Hackl-Herrwerth, A., Wienefoet, V. & Bald, D. (Januar 2010). Ingenieurwissenschaften. *Attraktive Studiengänge auch für Menschen mit Migrationshintergrund?* Studie im Auftrag der Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik an Universitäten (4ING). München: Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und der Informatik an Universitäten e. V. (4ING), Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und Technische Universität München. Verfügbar unter https://www.4ing.net/fileadmin/uploads/pdf/ThemenProjekte/20100520_Migrationsstudie.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Isenhardt, I., Petermann, M., Schmohr, M., Tekkaya, A. E. & Wilkesmann, U. (Hg.) (2020). *Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften*. Verfügbar unter www.wbv.de/artikel/6004805w/ (Zugriff am: 31.12.2020).
- Ispording, I. & Wozny, F. (Mai 2018). *Ursachen des Studienabbruchs – eine Analyse des Nationalen Bildungspanels*. Research Report No. 82. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn: IZA Institute of Labor Economics. Verfügbar unter http://ftp.iza.org/report_pdfs/iza_report_82.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Kercher, J. (Juli 2018). *Studienerfolg und Studienabbruch bei Bildungsausländerinnen und Bildungsausländern in Deutschland und anderen wichtigen Gastländern*. DAAD-Blickpunkt. Bonn: Deutscher Akademischer Austauschdienst. Verfügbar unter https://www2.daad.de/medien/der-daad/analysen-studien/blickpunkt-studienerfolg_und_studienabbruch_bei_bildungsauslaendern.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Klöppling, M., Scherfer, S., Gokus, S., Dachsberger, S., Krieg, A., Wolter, A., Bruder, R., Reszel, W. & Umbach, E. (Hg.) (2017). *Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften. Empirische Analyse und Best Practices zum Studienerfolg*. acatech-STUDIE (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften). München: Herbert Utz Verlag. Verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/studienabbruch-in-den-ingenieurwissenschaften-empirische-analyse-und-best-practices-zum-studienerfolg/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit e. V. (Hg.) (o. J.). *Girls' Day*. Verfügbar unter <https://www.girls-day.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).

- Lehreⁿ-Kolleg „Mathematik in der Ingenieurausbildung“. Das Lehreⁿ-Kolleg für den Transfer von Studienreformprojekten (Hg.) (2013). *Mathematik in der Ingenieurausbildung*. Verfügbar unter https://lehrehochn.de/wp-content/uploads/2017/01/lehren_mathingbroschre2014.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Matthiesen, S. (26.09.2013). *Universitäre Lehre in der Produktentwicklung. Leitfaden der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP)*. Verfügbar unter http://www.wigep.de/fileadmin/Positions-_und_Impulspapiere/WiGeP_Leitfaden_Lehre.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Meyerhoff, A. (Januar 2020). *Ingenieure im Maschinen- und Anlagenbau. Ergebnisse der VDMA-Ingenieurerhebung 2019*. Frankfurt am Main: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) e. V. Verfügbar unter https://industrie40.vdma.org/documents/105628/45794562/VDMA-Bericht%20Ingenieurerhebung%202019_1579682904446.pdf/a4f6bfef-561f-3df2-0edb-1b6c6803a9aa (Zugriff am: 31.12.2020).
- Meyerhoff, A. für den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) e. V. (09.01.2020). *Hohes Niveau an offenen Stellen trotz Abwärtstrend*. Frankfurt am Main. S. 1–2. Verfügbar unter https://hr.vdma.org/documents/14969753/26150774/Deutschland_Fachkr%C3%A4ftebedarf_2019.pdf/0ccb6a1-296f-0353-162d-a1334ee38acd (Zugriff am: 31.12.2020).
- Meyerhoff, A. für den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) e. V. (21.11.2019). *Ingenieurücke und mittelfristiger Ingenieurbedarf im Maschinenbau*. Frankfurt am Main.
- MINTforum Hamburg – Verein zur Förderung der MINT-Bildung in der Metropolregion Hamburg e. V. (Hg.) (o. J.). *MINTforum Hamburg*. Verfügbar unter <https://mintforum.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Morris-Lange, S. (2017). *Allein durch den Hochschuldschungel – Hürden zum Studienerfolg für internationale Studierende und Studierende mit Migrationshintergrund*. Berlin: Forschungsbereich beim Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration (SVR). Verfügbar unter https://www.svr-migration.de/wp-content/uploads/2017/05/SVR_FB_Hochschuldschungel.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).
- Nationales MINT-Forum (Hg.) (o. J.). *Nationales MINT-Forum*. Verfügbar unter <https://www.nationalesmintforum.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Pohl, L. (Hg.) (o. J.). *Fridays for Future*. Verfügbar unter <https://fridaysforfuture.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Rauhut, I. für den Verein Deutscher Ingenieure (VDI) e. V., *Strategie und Transformation, Beruf und Arbeitsmarkt* (Hg.) (12.08.2020). *Daten & Fakten – Arbeitsmarkt für Ingenieur*innen*. Stand: Juli 2020. (Unveröffentlichte Folienpräsentation).
- Senger, U. (Hg.) (2012). *Kompetenzorientierung in der Hochschullehre – Fachbezogene und interdisziplinäre Lehrinnovationen*. (PAradigma-Doppelausgabe 2011/2012). Universität Passau: Zentrum für Lehrerbildung und Fachdidaktik, vormals für Lehrerbildung, Fach- und Hochschuldidaktik. Verfügbar unter https://www.zlf.uni-passau.de/fileadmin/dokumente/einrichtungen/zlf/3.5_PAradigma/SengerPAradigma2011_2012.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).

- Senger, U. (2003). *Internationale Doktorandenstudien. Ein Modell für die Internationalisierung der Doktorandenausbildung an deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen*. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Dr. h. c. Klaus Landfried, ehem. Präsident der Hochschulrektorenkonferenz. (Reihe Forum der Hochschulpolitik der Hochschulrektorenkonferenz). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Statista (Hg.) (2019). Betreuungrelation an Hochschulen in Deutschland im Jahr 2019 nach Fächergruppen. In Destatis/Statistisches Bundesamt (Hg.). *Bildung und Kultur – Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980–2019*, S. 329. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/197893/umfrage/betreuungsrelation-an-deutschen-hochschulen-nach-faechergruppen/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. (Hg.) (o. J.). *MINT-Bildung*. (Handlungsfeld der Bildungsinitiative „Zukunft machen“). Verfügbar unter <https://www.stifterverband.org/bildungsinitiative/bildungsinitiative-mint-bildung> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. (Hg.) (o. J.). *Zukunft machen – Bildungsinitiative*. Verfügbar unter <https://www.stifterverband.org/bildungsinitiative> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Technische Universität (TU) Dortmund (Hg.) (2020). *BEETBox. Excellent Teaching and Learning in Engineering Science*, ELLI 2. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Ruhr-Universität Bochum (RUB). Verfügbar unter <http://beetbox.iul.tu-dortmund.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Thomsen, S. L., Schasse, U. & Gulden, V.-S. (Juni 2020). *Ingenieurinnen im Maschinenbau – Kurzstudie im Auftrag der IMPULS-Stiftung*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875835/Ingenieurinnen%30im%30Maschinenbau%3B%30Juni%302020.pdf/762d6746-35b5-ce54-d691-1d6dff638ee> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Universität Regensburg (Hg.) (o. J.). *CyberMentor – Die Online-MINT-Plattform nur für Mädchen!* Verfügbar unter <https://www.cybermentor.de/> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) & Institut der deutschen Wirtschaft (IW) (Hg.) (Juli 2020). *Ingenieurmonitor 2020/II. Der regionale Arbeitsmarkt in den Ingenieurberufen. Plus: Industriennahe Ingenieurbeschäftigte*. Köln/Düsseldorf. Verfügbar unter <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-iw-ingenieurmonitor-2-quartal-2020> (Zugriff am: 31.12.2020).
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure e. V.), Stiftung Mercator & Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (17.03.2016). *15 Jahre Bologna-Ausbildung. Quo vadis Ingenieurausbildung?* Essen/Frankfurt a. M./Düsseldorf. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/documents/14969637/29256622/15+Jahre+Bologna-Reform.pdf/c34ff3e0-aeef-d949-b40b-0ca03d65df5f> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (o. J.). *Die VDMA-Initiative „Maschinenhaus – Plattform für innovative Lehre“*. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/viewer/-/v2article/render/22655242> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (o. J.). *Die Maschinenhaus-Toolbox*. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/18143519> (Zugriff am: 31.02.2020).

- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (o. J.). *Der VDMA-Hochschulpreis*. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/18737903> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2020a). *Ready for Industrie 4.0? Ergebnisse des Online-Kompetenzchecks*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter https://www.vdma.org/documents/14969637/46993756/Onlinekompetenzcheck_1581497893938.pdf/bb8bb533-b070-6aa0-8f40-44e865927630 (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2020b). *Ergebnisse einer Unternehmensbefragung. Das duale Studium im Maschinen- und Anlagenbau*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter https://bildung.vdma.org/documents/14969637/50601550/Unternehmensbefragung%2520Duales%2520Studium_ES_1598604606954.pdf/2279701e-35d8-0fa2-5be0-6b3623720d9d (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2019a). *Einladung. Verleihung des 4. VDMA-Hochschulpreises „Bestes Maschinenhaus 2019“ für Fachbereiche und Fakultäten des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Informatik*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter http://bildung.vdma.org/documents/14969637/37591514/Einladung_Programm_Bestes%20Maschinenhaus%202019_1563189302234.pdf/d06ba9aa-c798-eff2-e650-6dd4ecd5ee1 (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2019b). *4. VDMA-Hochschulpreis. Werden Sie „Bestes Maschinenhaus 2019“! Maschinenhaus – Plattform für innovative Lehre*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter http://bildung.vdma.org/documents/14969637/29592737/Ausschreibung_Bestes%20Maschinenhaus%202019_1551873223918.pdf/d686cc01-21d0-40d4-65d5-345cd3056f6e (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (Dezember 2018). *Die VDMA-Initiative für Studienerfolg. Maschinenhaus – Plattform für innovative Lehre. Bilanz 2018*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/documents/14969637/29256622/VDMA-Maschinenhaus+-+Brosch%C3%BCre+Bilanz+2018.pdf/a1bba6b8-c1ce-4716-e4a1-53d8435426fc> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (Oktober 2017). *Maschinenhaus – Campus für Ingenieurinnen und Ingenieure. Praxisorientierung von Ingenieurabsolventen. Ergebnisse einer Kurzumfrage im Maschinen- und Anlagenbau*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/2776036/Zusammenfassender%20Bericht%20zu%20den%20Studien%20zur%20Qualit%C3%A4tsicherung%20im%20Maschinenbau-%20und%20Elektrotechnikstudium/a1ec141be21a-4f27-be67-d92a8fb06d51> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (Januar 2016). *Berufungsverfahren in den Ingenieurwissenschaften. Ergebnisse einer Tendenzbefragung bei Hochschulleitungen sowie Dekaninnen und Dekanen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/documents/14969637/29256622/VDMA-Berufungsverfahren+in+den+Ingenieurwissenschaften.pdf/76ef409a-f322-f41e-7138-13020ae3e2eb> (Zugriff am: 31.12.2020).

- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (November 2014a). *Inhalte und Ziele der VDMA-Toolbox. Die richtigen Werkzeuge für ein erfolgreiches Studium. Maschinenhaus – die VDMA-Initiative für mehr Studienerfolg*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/2776036/Inhalte+und+Ziele+der+Maschinenhaus-Toolbox/4926568b-3385-46a9-8b33-f9d047ec67c5> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (November 2014b). *Toolbox. Die richtigen Werkzeuge für ein erfolgreiches Studium*. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/2776036/Maschinenhaus-Toolbox++Die+richtigen+Werkzeuge+f%C3%BCr+ein+erfolgreiches+Studium/2ff7c2f2-5049-4867-a0bf-0fb30a5860ec> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2013a). *Studienabbruch in den Fachbereichen Maschinenbau und Elektrotechnik. Sekundarauswertung aus dem HIS-Studienqualitätsmonitor 2007–2011*. Maschinenhaus – die VDMA Initiative für Studienerfolg. HIS Bericht 1/4. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/792540/HIS-Bericht%201%20von%204%20-%20Sekund%C3%A4rauswertung%20HIS-Studienquali%C3%A4tsmonitor%202007-2011/b04f8f08-25af-480b-8093-e198d9ec9303> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2013b). *Referenzmodell zur Qualitätssicherung an Fachbereichen und Fakultäten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik. Konzept für die Lehre*. Maschinenhaus – die VDMA Initiative für Studienerfolg. HIS Bericht 2/4. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/documents/14969637/29256622/HIS-Bericht+2++Konzept+f%C3%BCr+die+Lehre.pdf/c2ccf8e3-23fd-bb3e-5185-6d451469e03> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2013c). *Befragung von Fachbereichen und Fakultäten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik zum Stand der Qualitätssicherung*. Maschinenhaus – die VDMA Initiative für Studienerfolg. HIS Bericht 3/4. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/792540/HIS-Bericht+3+von+4++Befragung+der+Fachbereiche+und+Fakult%C3%A4ten+zum+Stand+der+Qualit%C3%A4tssicherung/da30fd74-6e3e-4ec4-ab1b-597e83a202a> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2013d). *Ergebnisse von Fallstudien zur Verbesserung der Lehre an Fachbereichen und Fakultäten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik*. Maschinenhaus – die VDMA Initiative für Studienerfolg. HIS Bericht 4/4. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://www.vdma.org/documents/105628/792540/HIS-Bericht+4+von+4++Fallstudien+im+%C3%9Cberblick/cdf9d32c-90e4-4665-b66f-bf3c7dccc26d> (Zugriff am: 31.12.2020).
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hg.) (2013e). *Maschinenhaus – Campus für Ingenieure. Zusammenfassender Bericht zur Qualitätssicherung im Maschinenbau- und Elektrotechnikstudium*. HIS Berichte 1/4 bis 4/4. Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://bildung.vdma.org/documents/14969637/22854138/VDMA-Maschinenhaus%20-%20Kurzbericht/7af6210a-ae6d-4511-92bd-6a0e5a7cadfb?t=866555.5> (Zugriff am: 31.12.2020).

Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung (ZQ) der Johannes Gutenberg-Universität Mainz & Prognos AG (01.11.2018). *Evaluation des Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre (Qualitätspakt Lehre). Ergebnisbericht über den Evaluationszeitraum 2013–2018*. Berlin/Mainz. Verfügbar unter https://www.qualitaetspakt-lehre.de/files/Ergebnisbericht_Evaluation_QPL_ZQ_Prognos_2018%20-%20barrierefrei.pdf (Zugriff am: 31.12.2020).

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Quantitative Internationalisierung der ingenieurwissenschaftlichen Studienfächer im Vergleich – unter Berücksichtigung der Geschlechterverteilung 196
- Abb. 2 Vergleich des Verhältnisses von Frauen zu Männern nach Fächergruppen 197

Autor und Autorin

Prof. Dr.-Ing. Frank Mantwill ist Professor für Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung (MRP) an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr (HSU/UniBw H). Zuvor war er Leiter der Fertigungsplanung Karosserie für Karosseriebau und Presswerkzeuge der Audi AG. Er ist Vorsitzender des VDI-Fachbeirats „Produktentwicklung und Mechatronik“ und des VDI-Fachausschusses „Methodische Produktentwicklung“.

Akademische Direktorin PD Dr. Ulrike Senger ist Privatdozentin für Hochschulbildung an der Technischen Universität Dortmund und Leiterin verschiedener Pilot-Einrichtungen und Innovationsprojekte zu Studium, Promotion, wissenschaftlicher Weiterbildung, lebenslangem Lernen und Hochschuldidaktik.