

# 1 Die Relevanz der deutschen Ingenieurausbildung und das Abbruchproblem

Nahezu die Hälfte aller Studierenden der Ingenieurwissenschaften verlassen an deutschen Universitäten den Studiengang ohne Abschluss. Diese Zahlen sind nicht nur für die Studierenden selbst, sondern auch für den Fachkräftemarkt ein ernstzunehmendes Problem und lassen die Bemühungen der Hochschulen, junge Leute für Technik zu begeistern, als zu gering erscheinen. In den folgenden Abschnitten wird es um die Studienzahlen im Allgemeinen sowie die Abbruchzahlen und -gründe der Studierenden in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen im Speziellen gehen, wobei uns insbesondere die des Fachbereichs Maschinenbau interessieren.

Mittlerweile gibt es eine enorme Zahl an verschiedensten Projekten, die sich den Abbruchgründen widmen und Problemlösungen suchen, daher sollen auch einige ausgewählte Ideen und Umsetzungen im späteren Verlauf Erwähnung finden.

Als Ingenieur wird in dieser Arbeit eine männliche oder weibliche Person bezeichnet, die einen Abschluss in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang an einer Hochschule, Universität oder Fachhochschule besitzt. Aus Gründen der Lesbarkeit wird häufig auf eine geschlechterdifferenzierende Formulierung verzichtet. Da wir uns verstärkt mit den Studierenden der Maschinenbaustudiengänge, speziell an der Universität Paderborn, beschäftigen wollen, werden diese, sofern die Zuordnung eindeutig möglich ist, auch für sich als (angehende) Ingenieure bezeichnet. Werden Abbildungen aus anderen Arbeiten übernommen, so wird dies durch das Wort „aus“ mit nachfolgender Quelle vermerkt. Wurde die Grafik angelehnt an eine bestehende Abbildung neu vom Autor erstellt, so wird dies durch das Wort „nach“ ausgedrückt oder auf anderem Wege weiter verdeutlicht.

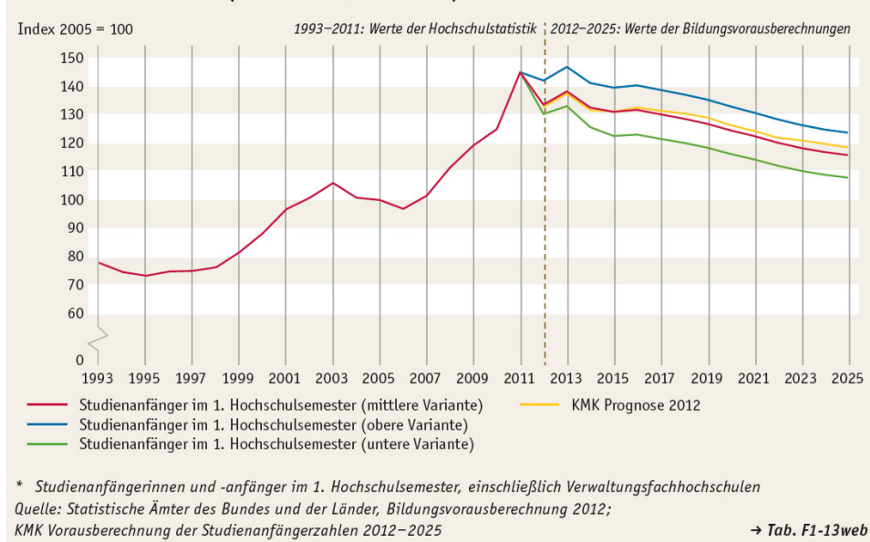
## **1.1 Zahlen und Fakten zum Studium in Deutschland**

Um ein Gefühl für die Mengen zu bekommen, über die diskutiert wird, wollen wir im folgenden einen kurzen Überblick über die Studierendenzahlen der letzten Jahre geben. Dabei wollen wir auf die allgemeinen Zahlen, die der Ingenieurwissenschaftler, die Studiendauer und den Frauenanteil bei den Ingenieuren schauen. Wir werden uns an dieser Stelle auf die für uns wesentlichen Daten konzentrieren. Eine deutlich tiefer gehende Zusammenfassung ist beispielsweise bei Leszczensky u. a. (2013) zu finden.

### **1.1.1 Allgemeine Zählungen**

Laut dem Statistischem Bundesamt StBA (2013c) stieg die Anzahl der Studierenden in Deutschland vom Wintersemester 2010 / 2011 von etwa 2,2 Millionen auf knapp 2,5 Millionen im WS 12/13 an. Davon waren zu beiden Zählungen etwa 66% an Universitäten eingeschrieben, wobei davon wiederum 51% weiblich waren. Die Studienanfängerzahlen stiegen von knapp 445.000 im Studienjahr 2010 auf etwa 519.000 im Jahr 2011 an und sanken wieder auf etwas über 495.000 Studienanfänger im Jahr 2012 ab (ebd.: S. 13/14). Blickt man in die Vergangenheit, so erkennt man im Vergleich zu 2005 laut Weishaupt (2012) einen Zuwachs in den Studienanfängerzahlen von 45%. Als relevante Punkte werden u.a. doppelte Abiturjahrgänge, hohe Zahlen an Bildungsausländern (jeder siebte Studienanfänger ist Ausländer) und politische Einflüsse, wie die Aussetzung der Wehrpflicht genannt.

Laut Vorausberechnungen wird die Nachfrage nach Studienplätzen bis 2025 auf hohem Niveau bleiben (ebd.: S. 126). Man beachte dazu die folgende Abbildung.

**Abb. F1-3: Studienanfängerzahl\* seit 1993, 2012 bis 2025 nach Vorausberechnungsvarianten (Indexwerte, 2005 = 100)****Abbildung 1.1:** Studienanfängerzahlen aus Weishaupt (2012), S. 126

Ein interessanter Zusammenhang ist im Übrigen zwischen dem Bildungsstatus der Eltern und der Studierentscheidung der Kinder zu erkennen. So liegt die Studierwahrscheinlichkeit (bei Personen mit Studienberechtigung) bei etwa 80%, wenn mindestens ein Elternteil einen Universitätsabschluss hat, während sie auf etwa 61% sinkt, wenn mindestens ein Elternteil lediglich eine Lehre (oder gar keinen beruflichen Abschluss) beendet hat (ebd.: S. 125, eigene Durchschnittsberechnungen).

### 1.1.2 Anteile der Ingenieurwissenschaften

Werfen wir nun einen Blick auf die Ingenieurwissenschaften. Im Jahre 2009 lag der Studienanfängeranteil in Deutschland erstmals seit 1993 wieder über 20% (über alle Studienanfänger) und stieg bis zum WS 11/12 weiter an. Der bisher niedrigste Wert wurde 2001 mit gerade einmal 16,6% vermerkt. (ebd.: S. 127). Auch im WS 12/13 haben sich wieder fast 107.000 Studienanfänger (davon 24.801 Frauen) für die Ingenieurwissenschaften entschieden, was einen Anteil von ca. 22% an den Studienanfängerzahlen ausmacht (StBA (2013c), S.14 u. 33, eigene Berechnungen). Insgesamt gesehen kann man

sogar sagen, dass etwa jeder fünfte Student in Deutschland einen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang belegt. Die Maschinenbauingenieure bilden dabei mit fast 40% im WS 12/13 die mit Abstand größte Untergruppe der Ingenieursstudiengänge (ebd.: S.40).

| Studierende der Ingenieurwissenschaften | Insgesamt | davon weiblich | Im ersten Hochschulsemester | davon weiblich |
|---|-----------|----------------|-----------------------------|----------------|
| WS 2010 / 2011                          | 426.692   | 89.244         | 93.417                      | 20.557         |
| WS 2011 / 2012                          | 472.590   | 98.080         | 116.528                     | 23.976         |
| WS 2012 / 2013                          | 499.419   | 105.890        | 106.910                     | 24.801         |

**Tabelle 1.1:** Studierende der Ingenieurwissenschaften (nach StBA (2013c), S.33/34)

### 1.1.3 Studiendauer

Betrachtet man zunächst die im Median benötigten Semester bis zum jeweiligen Abschluss (unabhängig vom eigentlichen Studienfach), so zeigt sich, dass in der Zeit von 1995 bis 2010 nahezu gleichbleibend 12,2 Semester studiert wurden, bis das Diplom (Erststudium) an einer deutschen Universität überreicht wurde. Bei Fachhochschulen liegt dieser Wert bekanntermaßen etwas niedriger, im Median also bei 8,8 Semestern. Seit 2004 bis 2010 wurden (über alle Hochschulen gesehen, also Universitäten und auch Fachhochschulen) etwa 6 Semester bis zum Bachelor (Erststudium) und weitere 4,2 Semester bis zum Master-Abschluss (Erstabschluss) benötigt. Es wird vermutet, dass auch in Zukunft die Gesamtstudiendauer im neuen Bachelor/Master-System nur wenig unter den früheren Studienzeiten liegen wird (vergl. Weishaupt (2012), S. 132/133, Tab. F3-3web).

Schauen wir wieder auf die Ingenieurstudiengänge, so kann man erfahren, dass im Jahr 2000 ein Diplomstudium im Maschinenbau/-wesen im Median etwa 12,9 Semester an einer Universität und 9,2 Semester an einer Fachhochschule dauerte. In der Elektrotechnik waren die Zahlen ähnlich: 12,4 Semester an Universitäten und 9,4 an Fachhochschulen. Zehn Jahre später ist der Median an den Universitäten leicht gesunken. So dauerte hier ein Diplomstudium im Maschinenbau/-wesen etwa 11,6 Semester (FH weiterhin 9,2) und in der Elektrotechnik 11,4 (bzw. 9,4). Wie wir sehen können, ist die Studiendauer also nicht wesentlich höher, als im Median über alle Studiengänge. Auch um den Bachelorabschluss in Maschinenbau

oder Elektrotechnik zu erlangen wurde 2010 an den Hochschulen etwa 6,5 Semester studiert, was auch wiederum dem allgemeinen Median sehr nahe kommt (ebd.: Tab. F3-3web u. F3-4web).

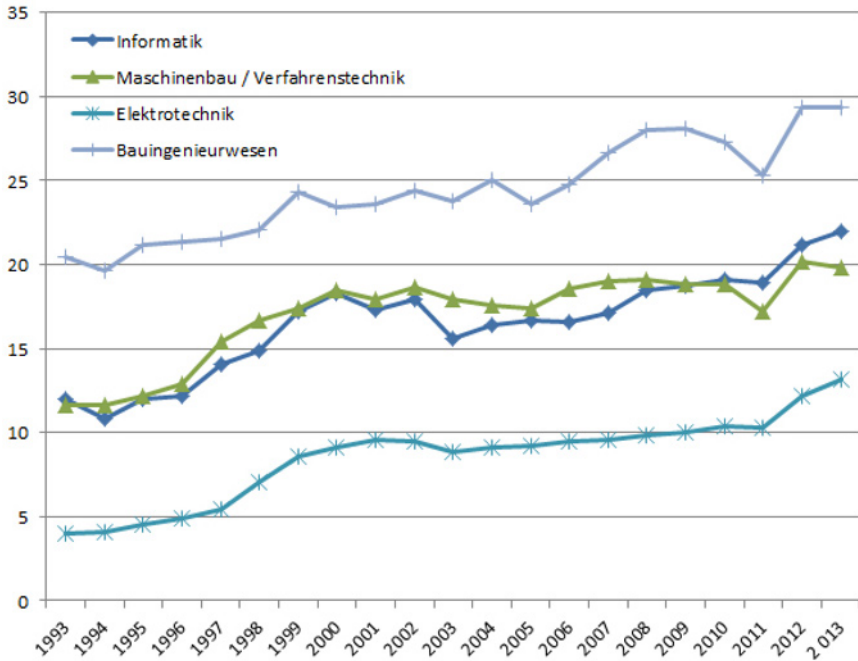
| Studienfach         | Ab-schluss | Fachstudiendauer |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     |            | 2000             |      |      | 2005 |      |      | 2009 |      |      | 2010 |      |      |
|                     |            | Q1               | Med. | Q3   | Q1   | Med. | Q3   | Q1   | Med. | Q3   | Q1   | Med. | Q3   |
|                     |            | in Semestern     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Maschinenbau/-wesen | Dipl. U    | 10,9             | 12,9 | 16,1 | 10,2 | 11,5 | 13,5 | 10,1 | 11,3 | 13,0 | 10,3 | 11,6 | 13,2 |
|                     | Dipl. FH   | 8,0              | 9,2  | 11,2 | 7,8  | 8,8  | 9,9  | 8,0  | 8,9  | 10,1 | 8,3  | 9,2  | 10,5 |
|                     | BA         | —                | —    | —    | 5,8  | 6,5  | 7,5  | 5,5  | 6,2  | 7,3  | 5,6  | 6,5  | 7,6  |
| Elektrotechnik      | Dipl. U    | 10,6             | 12,4 | 15,4 | 9,9  | 11,4 | 13,3 | 9,9  | 11,3 | 13,1 | 10,0 | 11,4 | 13,2 |
|                     | Dipl. FH   | 8,2              | 9,3  | 11,4 | 7,9  | 8,8  | 10,2 | 8,0  | 8,9  | 10,4 | 8,2  | 9,4  | 11,1 |
|                     | BA         | —                | —    | —    | 6,4  | 7,3  | 8,6  | 5,7  | 6,5  | 7,5  | 5,6  | 6,5  | 7,5  |
| Bauingenieurwesen   | Dipl. U    | 10,7             | 12,0 | 13,8 | 10,9 | 13,2 | 15,9 | 9,9  | 11,6 | 14,9 | 9,8  | 11,6 | 13,9 |
|                     | Dipl. FH   | 8,1              | 9,1  | 10,7 | 8,1  | 9,1  | 10,9 | 8,1  | 9,0  | 10,8 | 8,3  | 9,6  | 11,5 |
|                     | BA         | —                | —    | —    | /    | /    | /    | 5,9  | 6,6  | 7,4  | 5,8  | 6,6  | 7,6  |

**Tabelle 1.2:** Fachstudiendauer (Erststudium), Q1/Q3=unteres/oberes Quartil (Auszug aus Weishaupt (2012), Tab. F3-4web)

### 1.1.4 Frauen in den Ingenieurwissenschaften

Fast jede zweite junge Frau erlangt mittlerweile ihr Abitur oder die Fachhochschulreife, allerdings entscheiden sich Abiturienten immer noch öfter (87%) für ein Studium als Abiturientinnen (78%) (vergl. Weishaupt (2012), S.124/125). Den Daten des statistischen Bundesamt StBA (2013c) kann man entnehmen, dass seit 2008 im Durchschnitt jeder fünfte Studierende der Ingenieurwissenschaften weiblich ist, während in anderen Studiengängen, wie Sprach- und Kulturwissenschaften, das Verhältnis nahezu umgekehrt vorliegt. Damit verläuft die Studienfachwahl weiterhin nach geschlechterspezifischen Mustern. Bemerkenswert ist auch, dass rund 56% aller Studienabschlüsse von Frauen erlangt werden, aber in den Ingenieurwissenschaften sind es nur 22%. Um dem entgegen zu wirken wurden bundesweit rund 260 Initiativen gegründet (VDI 2013, S. 10).

Der Anteil an weiblichen Ingenieuren an der Gesamtzahl erwerbstätiger Ingenieure in Deutschland stieg im Zeitraum von 2005 bis 2010 von 14,7 auf 16,5 Prozent an. Wie wir bereits weiter oben bemerkt haben, liegt der Frauenanteil der Studierenden bei knapp über 20%, so dass in den nächsten Jahren mit einer weiteren Steigerung zu rechnen ist (ebd. S. 5). Folgende Abbildung vergleicht die vier Studiengänge Informatik, Maschinenbau/Verfahrenstechnik, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen im Zeitraum 1993 bis 2013 hinsichtlich ihres Frauenanteils im ersten Hochschulsemester miteinander und zeigt eine steigende Tendenz auf.



**Abbildung 1.2:** Prozentualer Anteil weiblicher Studierende im ersten HS  
(Eigene Berechnungen und Darstellung mit Daten aus StBA (2013b))

In einigen Studien werden speziell die Unterschiede in den Quoten und dem Studierverhalten zwischen Männern und Frauen untersucht. Da dies aber in unseren weiteren Betrachtung nur einen geringen Stellenwert einnimmt, werden wir hier auf weitere Bemerkungen diesbezüglich verzichten und verweisen exemplarisch auf VDI (2013), Derboven u. Winker (2009), Fellenberg u. Hannover (2006), Wächter (2005) und Wolfram (2003).

## 1.2 Bedeutung der Ingenieure für Deutschland

Die Relevanz der Ingenieurausbildung kann nur dann wirklich offen gelegt sein, wenn bewusst geworden ist, wie wichtig die Abgänger für die deutsche Wirtschaft sind. Dem Autor war vor der Recherche für diesen Abschnitt zwar klar, dass dieser Berufszweig einen gewissen Einfluss auf

die Landesentwicklung hat, allerdings war er selbst sehr überrascht, wie enorm dieser Einfluss letztlich wirklich ist. Dieser soll im Folgenden näher betrachtet werden.

### 1.2.1 Einflüsse auf die Wirtschaft

Laut dem Bericht des VDI (2013) gingen in Deutschland im Jahre 2010 etwa 1,62 Millionen Ingenieure einer Erwerbstätigkeit nach, was seit 2005 einem Anstieg von 16% entspricht. Insgesamt betrachtet kommen auf 1000 erwerbstätige Deutsche 33,7 Ingenieure. Zum Vergleich: In Finnland liegt dieser Wert bei 63,4, in Frankreich bei 27,6 und in Italien bei 17,4, damit liegt Deutschland im oberen europäischen Mittelfeld (ebd.: S. 4, 6). Tabelle 1.3 zeigt einige markante Zahlen zu den erwerbstätigen Ingenieuren in Deutschland nach soziodemografischen Merkmalen.

| Erwerbstätige Ingenieure   | 2005      | 2010      | Veränderung in % |
|--|-----------|-----------|------------------|
| Insgesamt  | 1.396.000 | 1.617.000 | 15,8             |
| Weiblich   | 205.000   | 267.000   | 30,2             |
| Männlich   | 1.91.000  | 1.351.000 | 13,4             |
| Nur deutsche Staatsangehörigkeit   | 1.276.000 | 1.461.000 | 14,5             |
| Mindestens eine ausländische Staatsangehörigkeit                           | 120.000   | 156.000   | 30,0             |
| Sozialversicherungspflichtig und in einem Ingenieurberuf beschäftigt       | 568.000   | 673.000   | 18,5             |
| Nicht sozialversicherungspflichtig und in einem Ingenieurberuf beschäftigt | 157.000   | 157.000   | 0                |
| Sozialversicherungspflichtig und nicht in einem Ingenieurberuf beschäftigt | 496.000   | 590.000   | 19,0             |
| Nicht sozialversicherungspflichtig und nicht in einem Ing. beschäftigt     | 176.000   | 198.000   | 12,5             |
| Promotion  | 50.000    | 59.000    | 18,0             |
| Universitäts-/Hochschulabschluss   | 504.000   | 600.000   | 19,0             |
| Fachhochschulabschluss   | 842.000   | 959.000   | 13,9             |
| Max. 34 Jahre alt  | 266.000   | 330.000   | 24,1             |
| 35-49 Jahre alt  | 713.000   | 738.000   | 3,5              |
| Min. 50 Jahre alt  | 417.000   | 550.000   | 31,9             |

**Tabelle 1.3:** Erwerbstätige Ingenieure sind zunehmend weiblich, älter und international (Daten aus VDI 2013, S.1)

Um zu ermitteln, welchen Beitrag die Ingenieure für Deutschland leisten, muss man sich insbesondere zwei Punkte ansehen: Die Innovationsleistung und den Wertschöpfungsbeitrag. Die Innovationsleistung wird über die Anzahl an angemeldeten Patenten gemessen, wobei sich schnell zeigt, dass im Vergleich ein Bundesland eine umso höhere Innovationsleistung aufweisen kann, je mehr Ingenieure es in Relation zu den Erwerbstätigen beschäftigt und je mehr die örtlichen Unternehmen in Forschung und Entwicklung investieren (ebd.: S. 8). Die Patentleistung, d.h. die Anzahl an erteilten Patenten pro 1.000 Erwerbstätigen, lag 2010 in Deutschland durchschnittlich bei 1,2, dabei war Baden-Württemberg mit 2,7 der Vorreiter unter den Bundesländern (siehe hierzu auch Pfenning u. a., 2002, S. 33ff).

„Plakativ formuliert ist Innovation nicht die Summe, sondern das Produkt aus Ingenieuren und FuE<sup>1</sup>.“ (VDI, 2013, S.8/9)

So zeigt sich, dass Sachsen zwar die höchste Ingenieursdichte der deutschen Bundesländer besitzt, aber die FuE, also die internen Aufwendungen der Unternehmen, liegen an fünftletzter Stelle, so dass die Innovationsleistung insgesamt deutlich unter dem Durchschnitt liegt (ebd.: S.8/9).

Widmen wir uns nun dem Wertschöpfungsbeitrag. Dieser wird errechnet, in dem man die Anzahl der im Jahresschnitt erwerbstätigen Ingenieure mit der durchschnittlichen Pro-Kopf-Bruttowertschöpfung eines Ingenieurs multipliziert. Im Jahr 2012 lag dieser Pro-Kopf-Wert bei einem durchschnittlichen Erwerbstätigen bei 63.535 Euro, während Ingenieure einen durchschnittlichen Pro-Kopf-Wert von 121.987 Euro erreichen - also fast das Doppelte (ebd.: S. 22/23)! Wie bereits weiter oben angemerkt sind in Deutschland rund 1,62 Millionen Ingenieure erwerbstätig, damit ergibt sich ein Wertschöpfungsbeitrag von rund 197 Milliarden (!) Euro. Jeder 14. Euro des BIP wurde also von Ingenieuren erwirtschaftet, und das obgleich nur etwa jeder 25. Erwerbstätiger hierzu zählt. Um es noch weiter auf den Punkt zu bringen:

„Die erwerbstätigen Ingenieure in Deutschland haben im abgelaufenen Jahr einen Wertschöpfungsbeitrag im Gegenwert von zwei Dritteln der Gesamtausgaben des Bundes im Haushaltsjahr 2013 erarbeitet.“ (VDI, 2013, S.23)

Diese Leistung zeigt, dass die Ingenieure zu der Grundlage unserer Wirtschaft gehören und für das Wohl des Landes eine große Rolle spielen. Laut Pfenning u. a. (2002) deuten die Beschäftigungszahlen in den Unternehmen eine überproportional steigende Nachfrage nach Ingenieuren an, aber im

---

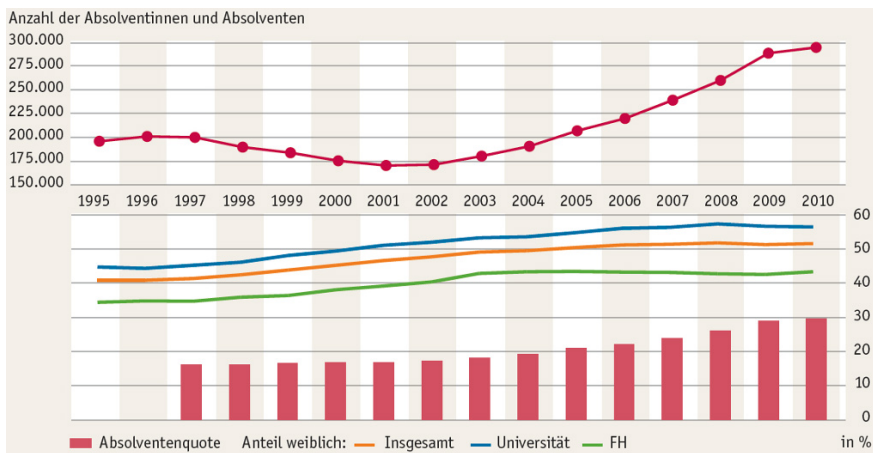
<sup>1</sup> Forschungs- und Entwicklungsintensität



Hinblick auf die niedrigen Geburtenrate müssten die Immatrikulationszahlen der Ingenieurstudiengänge überproportional steigen. In Wirklichkeit sind diese Zahlen jedoch unterdurchschnittlich, was auf eine zu erwartende Lücke zwischen Angebot und Bedarf an Ingenieuren hin deutet (ebd.: S.95). Die Nachwuchsförderung ist also in jeglicher Hinsicht als essentiell zu bewerten.

### 1.2.2 Absolventenzahlen und Fachkräftemangel

Seit 2001 sind die Absolventenzahlen deutscher Hochschulen deutlich gestiegen. Nach dem letzten Tief mit knapp unter 175.000 Erstabsolventinnen und -absolventen scheint der Verlauf ab 2010 (mit fast 300.000 Absolventen/innen) abzuflachen. Dieser Anstieg von über 70% wird vor allem den in 2003 stark erhöhten Studienanfängerzahlen und dem Effekt des gleichzeitigen Abschlusses verschieden langer Studiengänge mit alten und neuen Abschlussarten zugeschrieben (vergl. Weishaupt (2012), S.135).



**Abbildung 1.3:** Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen an deutschen Hochschulen (Auszug aus Weishaupt (2012), Abb. F4-1, S.135)

Betrachtet man alle Abschlussprüfungen zusammen (Diplom, Magister, Bachelor, Master, Promotion, Lehramt etc.), so wurden im Prüfungsjahr 2012 laut dem StBA (2013a) insgesamt an deutschen Hochschulen 413.338 (weiblich: 209.691) Prüfungen bestanden. In den Ingenieurwissenschaften waren es insgesamt 77.775 (w.: 17.528), wovon 30.878 (w.: 5.812) zu den

Maschinenbauer/Verfahrenstechnikern und 12.613 (w.: 1.127) zu den Elektrotechnikern gehören.

Trotz dieser Zahlen ist der Begriff „Fachkräftemangel“ ein geflügeltes Wort. So schreibt der VDI:

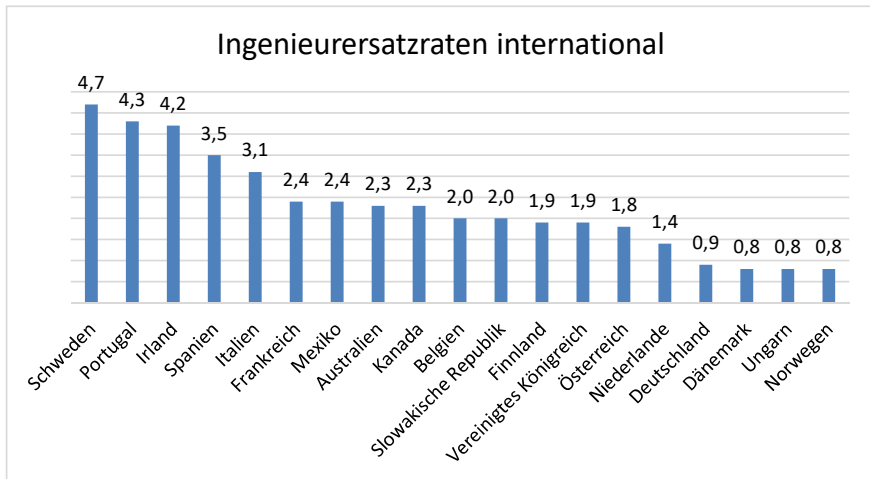
„Doch wo Licht ist, da herrscht auch Schatten: Noch immer haben wir in einigen Teilen deutlich mehr Nachfrage als Angebot. Besonders betroffen sind der Maschinenbau, der Automobilbau und die Elektrotechnik. [...] Ab 2020 sinkt die Zahl der beschäftigten Ingenieure, da mehr in den Ruhestand gehen als aus den Hochschulen nachrücken.“ (VDI (2013), S.3)

Aus den bisherigen Betrachtungen können wir nun leicht ableiten, dass ein Mangel an Ingenieuren zum wirtschaftlichen Problem wird. Nach Pfenning u. a. (2002) ist dann mit einer Verlangsamung in der Produktentwicklung, Stagnation in der Forschung und Rückschritt beim Innovationsniveau zu rechnen (S. 61).

Wenden wir uns nun einer aktuelleren Studie des größten Vereins deutscher Ingenieure zu (VDI u. IWK (2008)), die sich mit dem Fachkräftemangel auseinandersetzt (die VDI-Studien i.A. wurden im Übrigen auch von unabhängigen Experten wie Pfenning u. a. (2002), S.67, positiv hervor gehoben). Hier erfahren wir, dass bedingt durch die stark gesunkenen Zahlen der Ingenieursabsolventen in der Zeit von 1995 bis 2006 der Mangel offensichtlicher wurde. Bereits 2004 wurde davor gewarnt, dass weniger als ein jüngerer Ingenieur (d.h. 25-39Jähriger) zur Verfügung stand, um einen älteren (d.h. 55-64jährigen) zu ersetzen, sobald dieser in den Ruhestand geht (ebd.: S.3). Im Vergleich mit anderen Ländern steht Deutschland sehr schlecht da, wie Abb. 1.4 zeigt.

Im Bericht über den Ingenieurmangel in Deutschland von Koppel (2007) lässt sich erfahren, dass 2006 etwa 48.000 Ingenieursstellen nicht besetzt werden konnten (S. 1). Im Hinblick auf die Zukunft prognostizierte der BMBF (2007a), dass bis 2014 vermutlich jährlich bis zu 12.000 Ingenieure zu wenig ausgebildet werden (S. 10, 119).

In den genannten Quellen lassen sich noch deutlich tiefer gehende und differenzierte Informationen zum Fachkräftemangel finden, jedoch würde das hier den Rahmen sprengen.



**Abbildung 1.4:** Ingenieurersatzraten international - jüngere pro ältere Ingenieure (Daten aus VDI u. IWK (2008), S.3)

## 1.3 Gründe und Zahlen zum Studienabbruch

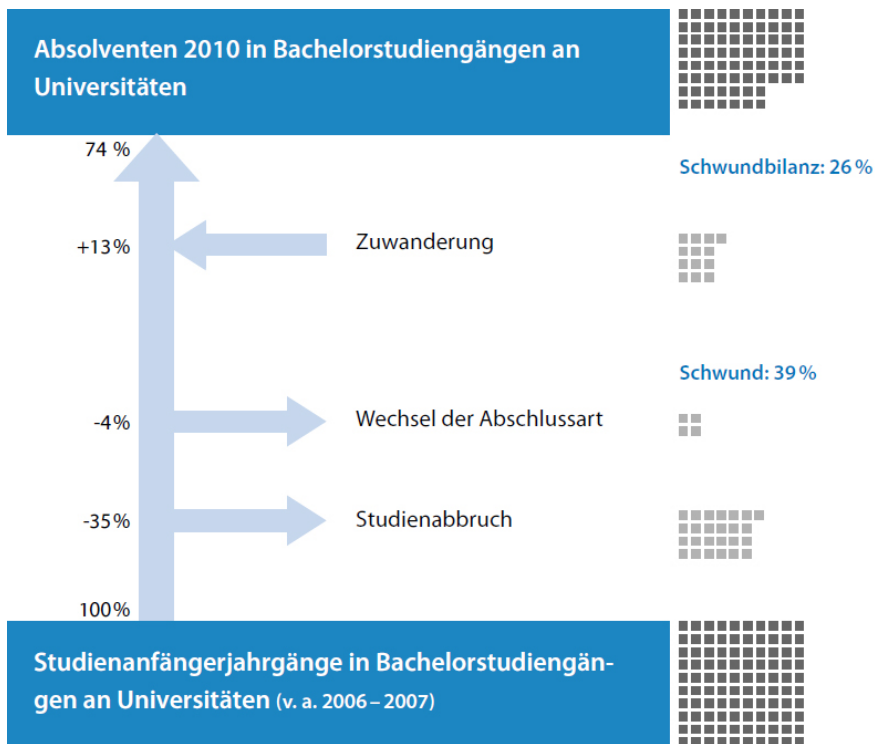
Neben der individuellen und fachspezifisch unterschiedlichen Studiendauer und dem Fachwechsel, ist das Verlassen der Hochschule ohne Abschluss, also der Studienabbruch, einer der wichtigsten Gründe, weshalb man nicht direkt von den Studienanfängerzahlen auf das Angebot an Hochschulabsolventen schließen kann. Die Zahlen über den Studienabbruch geben Anhaltspunkte über die Effektivität des Studiums und zeigen auf, ob Studienstrukturen ihre Ziele diesbezüglich erreichen.

In diesem Abschnitt wollen wir uns zunächst einen allgemeinen Überblick über die Abbruchzahlen in Deutschland und im internationalen Vergleich verschaffen. Anschließend gehen wir konkret auf die Ingenieure und speziell die Maschinenbaustudierende ein. Hier interessieren uns insbesondere auch die Abbruchgründe.

### 1.3.1 Allgemeines zu den Studienabbruchquoten

Meist wird in den Medien nur von Studienabbruchquoten gesprochen, ohne diese weiter zu differenzieren. Da aber nicht jeder Student und jede Studentin

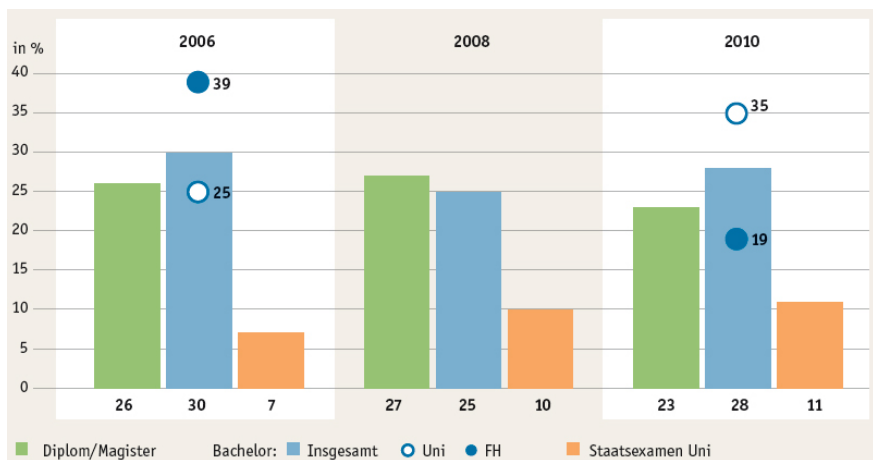
nach einem Abbruch den Hochschulen den Rücken kehrt, sondern häufig zunächst über einen Studiengangwechsel nachdenkt, ist es angebracht, auch in den Zahlen klare Unterschiede aufzuzeigen. Heublein u. a. (2012) verwenden die Begriffe „Studienabbruch“, „Studienschwund“ und „Schwundbilanz“ (ebd.: S.3), wobei die Studienabbruchquote den Anteil der Studierenden angibt, die das deutsche Hochschulsystem ohne Abschluss verlassen, während die Schwundquote aufzeigt, wie viele Studierende lediglich das Studienfach aufgeben. In die Schwundbilanz gehen insgesamt nicht nur die Abgänger, sondern auch Zuwanderer aus anderen Studienfächern mit ein, so dass dies als Maß für die Bindungs- und Anziehungskraft eines Studiengangs gewertet werden kann. Folgende Grafik verdeutlicht die Begriffe an Hand der Schwundbilanz für 2010:



**Abbildung 1.5:** Schwundbilanz für deutsche Studierende an Universitäten (aus Heublein u. a., 2012, S. 41)

Eine entsprechende Abbildung zu den Ingenieurwissenschaften für das gleiche Jahr würde folgende Rechnung aufzeigen: 48% Studienabbruch + 8% Abschluss- / Fächergruppenwechsel = 56% Schwund. Zieht man hiervon eine Zuwanderung von 9% ab, so ergibt sich eine Schwundbilanz von 47% für Studierende im Bachelorstudium an deutschen Universitäten (ebd.: S. 46) .

In Weishaupt (2012) wird die oben genannten Unterscheidungen insofern beachtet, dass in die Studienabbruchquote hier nur der prozentuale Anteil derer eingeht, die überhaupt kein Studium abgeschlossen haben (S. 134): Folgendes Diagramm vergleicht die Studienabbruchquote der Jahre 2006, 2008 und 2010 nach Art der Hochschule und Art des Abschlusses:



**Abbildung 1.6:** Studienabbruchquote in Prozent (aus Weishaupt, 2012, S.133)

Im Vergleich 2006 versus 2010 fällt auf, dass die Abbruchquote bei Bachelorstudiengängen an Fachhochschulen deutlich gesunken, aber an Universitäten gestiegen ist. Weishaupt (2012, S. 133), wie auch Heublein u. a. (2012, S. 1), gehen davon aus, dass die Studierenden an den Fachhochschulen von der früheren Umstrukturierung auf den Bachelorabschluss profitieren, während die Universitäten sich immer noch in der Umstellungsphase befinden und sich dem Problem einer, im Vergleich zum Diplomstudiengang, stark verkürzten ersten Studienphase stellen müssen.

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland mit einer durchschnittlichen Studienabbruchquote von 28% (Bachelorstudiengängen) im unteren Mittelfeld der OECD-Länder. Im Gesamtdurchschnitt über alle diese Länder wurde für 2008 ein Mittelwert von 31% genannt, dabei wiesen beispielsweise

Japan (11%) und Frankreich (21%) eine geringere Quote auf als Deutschland, während Großbritannien (35%) und Schweden (45%) eine deutlich höhere lieferten (ebd.: S.1).

Das Thema Studienqualität ist eng mit dem Studienabbruch verzahnt, dies ist allerdings für unsere Betrachtungen an dieser Stelle zu weitreichend. Weitergehende aktuelle Informationen finden sich beispielsweise bei Woisch u. a. (2012) und Weishaupt (2012).

## 1.3.2 Studienabbruch bei Ingenieuren

Wir wollen uns nun den Studienabbruchzahlen und -gründen der Ingenieure und speziell der Maschinenbaustudierenden widmen.

### 1.3.2.1 Abbruchzahlen in den Ingenieurwissenschaften

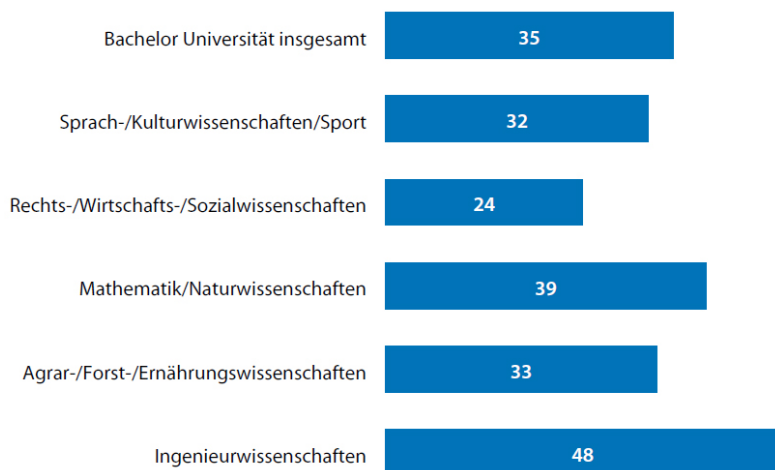
Dass die Abbrecherzahlen gerade in den MINT<sup>2</sup>- und Ingenieurfächern hoch ist, wird längst öffentlich diskutiert (z.B. Lübke (2013), SpiegelOnline (2011)). An vielen Stellen kann man erfahren, dass die Abbrecherquote der Ingenieurstudierenden an deutschen Universitäten mit rund 48% deutlich höher ist, als bei anderen Studiengängen (z.B. HIS (2012), Heublein u. a. (2012)), wobei auch hier die Fachhochschulen mit 30% noch über dem Durchschnitt liegen (Weishaupt, 2012, S.133).

Im Sinne des demographischen Wandels und der drohenden wirtschaftlichen Probleme (s.o.) ist es daher nicht verwunderlich, dass sich die Unternehmen ergänzende Maßnahmen von der Politik wünschen (VDI u. IWK, 2008).

Es wird vermutet, dass die Einführung des Bachelorabschlusses an den Universitäten gerade in den ersten Semestern zu einer erhöhten Stoffverdichtung gesorgt hat (Heublein u. a., 2012, S. 16/17). Man kann daher vermuten, dass sich die Zahlen im Laufe der Zeit denen der Fachhochschulen annähern werden, wobei diese bekanntlich auch noch über dem nationalen Durchschnitt über alle Studienfächer liegen.

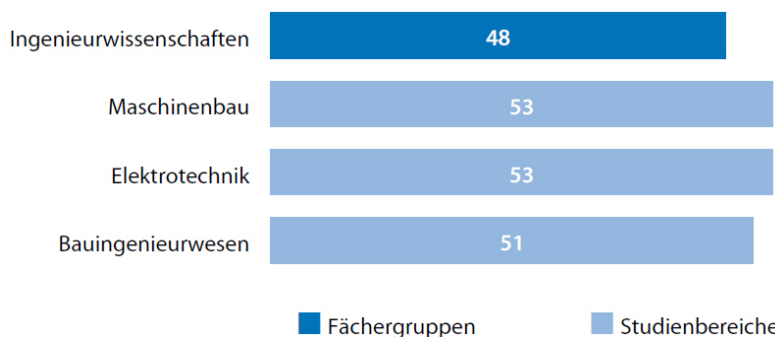
---

<sup>2</sup>Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik



**Abbildung 1.7:** Studienabbruchquote in Bachelorstudiengängen an Universitäten 2010 (aus Heublein u. a., 2012, S. 16)

Unterteilen wir nun die Ingenieure in drei größere Bereiche, so zeigt sich, dass in der Elektrotechnik und bei den Maschinenbauern die Abbruchquote an Universitäten noch etwas höher ist, als im Durchschnitt der Ingenieurwissenschaften. Im Übrigen verhält es sich bei den Fachhochschulen ähnlich: Maschinenbau 32%, Elektrotechnik 38% und Bauingenieurwesen 36% (ebd.: S. 22).



**Abbildung 1.8:** Studienabbruchquote in Bachelorstudiengängen an Universitäten (aus Heublein u. a., 2012, S. 17)

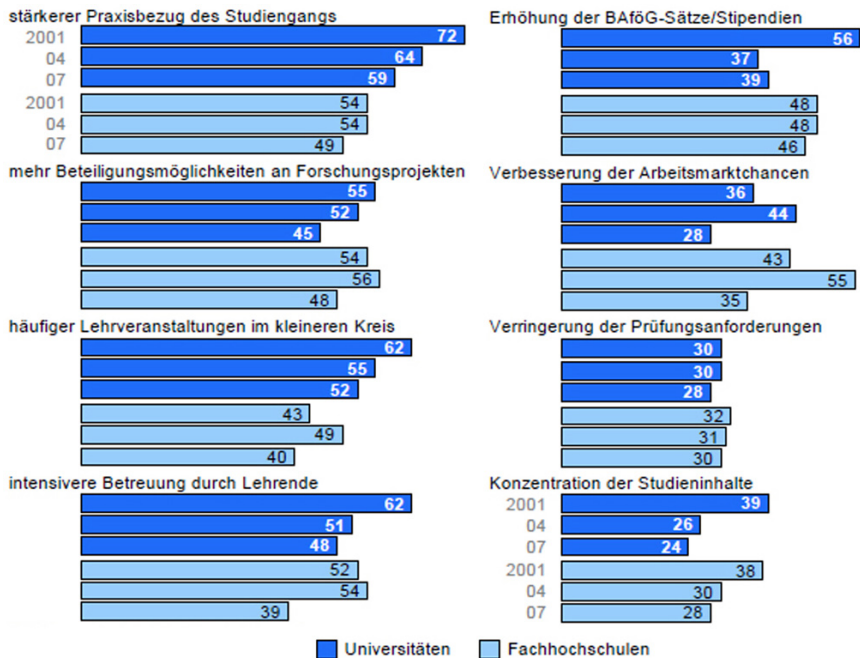
In Heublein u. a. (2010) erfahren wir, dass die durchschnittliche Fachstudierendauer bis zum Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften bei 4,6 Semestern liegt. Im Vergleich mit anderen Fächern, wie Rechtswissenschaften (8,4) und Sprach-/Kulturwissenschaften/Sport (6,0) brechen Ingenieure also relativ früh ihr Studium ab (ebd. S.48). Im Maschinenbau soll mangelnde Studienmotivation (u.a. auch bedingt durch fehlendem Anwendungsbezug der Studieninhalte) bereits nach durchschnittlich 2,3 Semestern zum Studienabbruch führen (VDMA (2009), S. 3). Folglich sollten Gegenmaßnahmen in den ersten Semestern stattfinden, wobei man dazu zunächst wissen muss, welche Ursachen den Abbruch bedingen. Diesem Thema widmen wir uns im nächsten Unterabschnitt.

### 1.3.2.2 Abbruchgründe und Studienkonflikte

Die Gründe für den Studiengangwechsel oder gar den Abbruch des Studiums sind gerade bei den Ingenieuren sehr vielseitig. Wir wollen uns im Folgenden auf die Elektro- und insbesondere auf die Maschinenbaustudierenden konzentrieren und die wichtigsten Gründe aufzeigen. Speziell zu diesen beiden Gruppen wurden bereits mehrere Studien durch den VDMA in Auftrag gegeben (z.B. VDMA (2009)). In Rauen u. a. (2013) sind die Ergebnisse einer Studie des Deutsche Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW, vormals HIS) zusammengefasst. Das DZHW wurde beauftragt die Situation der Qualitätssicherung im Maschinenbau- und Elektrotechnikstudium zu analysieren (Details siehe bei ebd. S.5-11). Als Hauptgründe für den Studienabbruch wurden hier Leistungsgründe und ungenügende Studienbedingungen (z.B. schlechte Abiturnoten, kein Mathematik-Leistungskurs besucht) sowie finanzielle (Studienfinanzierung), als auch motivationale Gründe genannt (ebd. S.13/14). Sehr ähnliche Ergebnisse finden sich bereits bei Heublein u. a. (2010) (siehe z.B. S. 17 u. 159).

Die Gruppe an Studierenden, die das Studium aus motivationalen Gründen abbricht, hat oft falsche Erwartungen an das Studium und kaum oder gar falsche Kenntnisse über die Studieninhalte, die Leistungsanforderungen und die beruflichen Möglichkeiten. Sie haben häufig kein spezielles Interesse an der Elektrotechnik oder am Maschinenbau, sondern an den beruflichen Perspektiven, allerdings erfahren sie erst im Studium von ihren falschen Annahmen. Im Laufe des Semesters lässt dann das Fachinteresse immer weiter nach und die geforderten Leistungen werden nicht erbracht. Besonders ungünstig wirkt sich dann noch der fehlende Berufs- und Praxisbezug auf die Motivation aus, so dass sie schlussendlich das Studienfach wechseln oder





**Abbildung 1.9:** Wünsche zur Verbesserung der Studiensituation von Ingenieurstudierenden (2001-2007, Angaben in Prozent zu „dringlich“, aus BMBF (2007b), S.41)

einen beruflichen Neuanfang nach dem Studienabbruch versuchen (Rauen u. a. (2013) S.14).

Auch in BMBF (2007b) stellte sich heraus:

„Besonderen Wert hat für die Studierenden der Ingenieurwissenschaften ebenfalls der Anwendungsbezug des Studiums, seine praktischen Bezüge in der Lehre und die gute Berufsvorbereitung [...]“ (BMBF (2007b), S.8)

Zusammenfassend kann man hier sagen, dass zu den dringlichsten Verbesserungen der Studiensituation von Studierenden in den Ingenieurwissenschaften insbesondere stärkerer Praxisbezug des Studiengangs, intensivere Betreuung durch Lehrende, häufiger Lehrveranstaltungen im kleinen Kreis sowie Erhöhung der BAföG-Sätze / Stipendien zählen (ebd. S.41).

Sehr deutlich zeigten sich diese und weitere Forderungen auch in Derboven u. Winkler (2009). Hier wurde zwischen Dezember 2006 und Oktober 07 eine Befragung an 680 Studienabbrechern aus den Ingenieurwissenschaften durchgeführt. Dabei ergaben sich u.a. folgende zentrale Konflikte (bezogen auf das Studium insgesamt (ebd. S.19)):

- Es wurden oft isolierte Fakten präsentiert - ohne Zusammenhang oder einen Überblick.
- Es gab kaum konkrete Beispiele, die das Verstehen leichter gemacht hätten.
- Es mussten häufig Dinge gelernt werden, die für den späteren Beruf keine Bedeutung haben.
- Besonders die mathematischen Ansprüche waren sehr hoch.
- Überwiegend ging es darum Formeln anzuwenden, ohne sie zu verstehen.

Im Gegensatz dazu wurde auch nach Situationen gefragt, die die Studierenden an ihr Studium gebunden haben, also wodurch sie das Gefühl hatten, dass ihnen das Studienfach liegt. Interessante Punkte sind hierbei (ebd. S.23/24):

- Ich habe mich im Studium gut aufgehoben gefühlt, wenn ich etwas wirklich verstanden haben.
- ..., wenn es Dozent/innen gelang, uns eine Vorstellung von technischen Sachverhalten über die Formel hinaus zu vermitteln.
- ..., wenn wir erklärt bekommen haben, wie die technischen Dinge aus unserem Alltag funktionieren.
- ..., wenn uns erzählt wurde, was man mit dem Gelernten in der Berufspraxis anfangen kann.
- Wirklich Spaß gemacht im Studium hat mir das eigene „praktische“ Tun (im Labor u.ä.).
- Wirklich Spaß gemacht im Studium haben mir spannende Präsentationen (in Vorlesungen u.ä.).

Wir haben nun einen Eindruck von den Abbruchgründen und den Schwierigkeiten des Ingenieurstudiums bekommen und wollen uns im nächsten Abschnitt mit Projekten befassen, die sich auf ein oder mehrere dieser Probleme konzentrieren. Für tiefer gehende Recherche zum Abbruch sind die hier bereits genannten Quellen und insbesondere Derboven u. Winkler (2009) empfehlenswert.

## 1.4 Hochschulprojekte

In diesem Abschnitt werden wir uns mit verschiedenen ausgewählten Projekten beschäftigen, die mit ganz eigenen und unterschiedlichen Herangehensweisen darauf abzielen die Studienqualität der Studierenden in den Ingenieurwissenschaften zu verbessern.

### 1.4.1 Klassische Maßnahmen

Zwischen April und Juli 2012 haben der VDMA und das DZHW an sechs deutschen Hochschulen in den Fachbereichen Maschinenbau und Elektrotechnik Fallstudien durchgeführt (Rauen u. a. (2013) S.25, siehe auch Krötzschel u. Völker (2013)). Es wurden Gesprächsrunden mit Hochschulleitung, Fakultätsleitung, Hochschullehrenden, Mitarbeiter(innen) und Studierenden eingeleitet. Es stellte sich heraus, dass ein Mangel an Orientierung und Vorwissen vorherrscht, da das Bild vom Ingenieursberuf in der Öffentlichkeit sehr diffus sei und eine kontinuierliche Förderung von technischem Interesse in der Kindheit fehle. Durch die Verkürzung der Schulzeit seien die Studienbewerber zudem noch sehr jung und hinsichtlich ihrer Berufschancen wenig orientiert und entschlossen. Während die gerade genannten Probleme kaum durch die Hochschulen gelöst werden können, sehen sich tatsächlich umsetzbare Projekte vor einem Mangel an Gestaltungsspielräumen, bedingt durch finanzielle Engpässe und mangelnde Unterstützung durch Unternehmen hinsichtlich (Vor-)Praktikumsplätzen. In den Gesprächen wurde vermehrt erwähnt, dass es ein politisches Ziel sei, den Hochschulzugang zu erleichtern und die Studierendenquoten zu erhöhen (Stichwort „Hochschulpakt 2020“), allerdings stehen die Hochschulen dadurch vor der Aufgabe einerseits die Massen zu bewältigen und andererseits mit der Heterogenität der Studienanfänger umzugehen (Rauen u. a. (2013), S.25-27).

Die Akteure der Gespräche gaben an, dass der Studienabbruch überwiegend in den ersten Semestern stattfindet und daher sollten sich entsprechende Projekte auf diesen Zeitraum fokussieren. Mittlerweile etablierte Angebote stellen beispielsweise die Informationsveranstaltungen für Schüler und das sogenannte Studiengangmarketing dar. Letzteres steht jedoch unter einem gewissen Spannungsverhältnis, da man möglichst viele junge Leute zum Studieren animieren möchten und daher besonders die positiven Aspekte des Studiums hervorhebt, aber zugleich werden auch zu hohe Erwartungen erzeugt, die schließlich zu Frust und Enttäuschung führen können (ebd. S.28/29). An vereinzelten Hochschulen gibt es Bewerbungs- und Zulassungsverfahren, die jedoch häufig entweder zu aufwendig sind (z.B. Auswahlgespräche) oder

auf Grund zu geringer Bewerberanzahl keine Einschränkung bieten (z.B. Numerus Clausus). Deutlich häufiger werden Vor-/Brückenkurse angeboten um schulische Defizite in Mathematik und Physik auszugleichen und der Heterogenität entgegen zu wirken. In den Gesprächsrunden wurde auch über ein Vorsemester diskutiert, was jedoch aus finanziellen und politischen Gründen nicht durchführbar ist (ebd. S.32/33).

Es stellt sich noch die Frage, welche Einstellungen die entsprechenden Fachbereiche zu den Abbruchzahlen haben und welche Gegenmaßnahmen in Betracht gezogen werden. Das DZHW hat im Zeitraum Mai bis Juli 2012 eine Umfrage unter allen Fakultäten und Fachbereichen an deutschen Universitäten und Fachhochschulen in den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik durchgeführt. Da sich über 60% all dieser Fakultäten daran beteiligten, sind die Ergebnisse repräsentativ (Rauen u. a. (2013) S.18). Wir wollen einen kurzen Blick auf die für uns wichtigsten Ergebnisse dieser Umfrage werfen.

Es zeigte sich, dass über die Hälfte der Fakultäten die Verantwortung für den Studienerfolg hauptsächlich beim Studierenden sehen und 46% sind davon überzeugt, dass Qualitätssicherungen seitens der Hochschulen kaum nötig wären, wenn die Studierenden mehr Zeit in ihr Studium investieren würden (ebd. S. 21). Ein Drittel aller entsprechenden Einrichtungen, die an der Umfrage teilnahmen, verzichteten auf eigene konkrete Zielsetzungen hinsichtlich des Studienerfolgs ihrer Studierenden, d.h. Studienerfolgsquoten, Absolvierbarkeit des Studiums in der Regelstudienzeit und Kompetenzvermittlung hinsichtlich der Berufsbefähigung ihrer Absolventen (ebd. S.18). Begründet werden diese Einstellungen durch Personalmangel und fehlenden finanziellen Mitteln (ebd. S.22). Die am häufigsten genutzten Instrumente zur Qualitätssicherung stellen Absolventenbefragungen, Beratungsgespräche mit Studierenden und Lehrveranstaltungsevaluationen dar, wobei die typischen Maßnahmen in Brücken-/Vorkursen, Studienfachberatung und Tutoren-/Mentorenprogrammen bestehen (ebd. S.24). Neben diesen nahezu überall bekannten Angeboten werden jedoch an einigen Hochschulen noch weitaus speziellere Projekte durchgeführt, die darauf abzielen die Probleme der Ingenieurstudierenden zu erkennen und Abhilfe zu schaffen. Einer Auswahl von Projekten wollen wir uns im Folgenden widmen.

### 1.4.2 Ausgewählte Projekte

Im diesem Abschnitt stellen wir exemplarisch die Projekte KoM@ING, MathePlusPraxis, EVELIN, Fördern und Fordern sowie die Projekte von Prof. Alpers und das WSU-Modell aus den USA vor. Das KoM@ING-Projekt und

EVELIN stehen in dieser Sammlung stellvertretend für eher theorieorientierte und innovationsweisende Projekte, während die anderen sich stärker auf die praktische Umsetzung von Lehrinnovationen konzentrieren.

### 1.4.2.1 KoM@ING

Folgende Informationen sind zusammengestellt aus der Projektseite<sup>3</sup> sowie aus Hochmuth u. Schreiber (2013).

„KoM@ING - Kompetenzmodellierung und Kompetenzentwicklung, integrierte IRT-Basierte und qualitative Studien bezogen auf Mathematik und ihre Verwendung im ingenieurwissenschaftlichen Studium“ (Quelle: Startseite der Projektseite)

Die Mitglieder der Projektgruppe sehen Mathematik als einen zentralen Kernaspekt ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge an, der gleichermaßen Hürde und Herausforderung ist. Sie stellen sich die Fragen, was mathematische Kompetenz in den Ingenieurwissenschaften sind, wie sie erworben werden und was förderlich bzw. hinderlich in der jeweiligen Lernsituation ist. Insgesamt geht es um Kompetenzmodellierung, als auch um Kompetenzentwicklung und Entwicklungsbedingungen in den Studiengängen Elektrotechnik und Maschinenbau. Einer der beiden verfolgten Forschungszugänge ist dabei quantitativ ausgerichtet und IRT<sup>4</sup>-basiert, während der andere qualitativer und prozessanalytischer Natur ist.

Es existieren drei Teilprojekte:

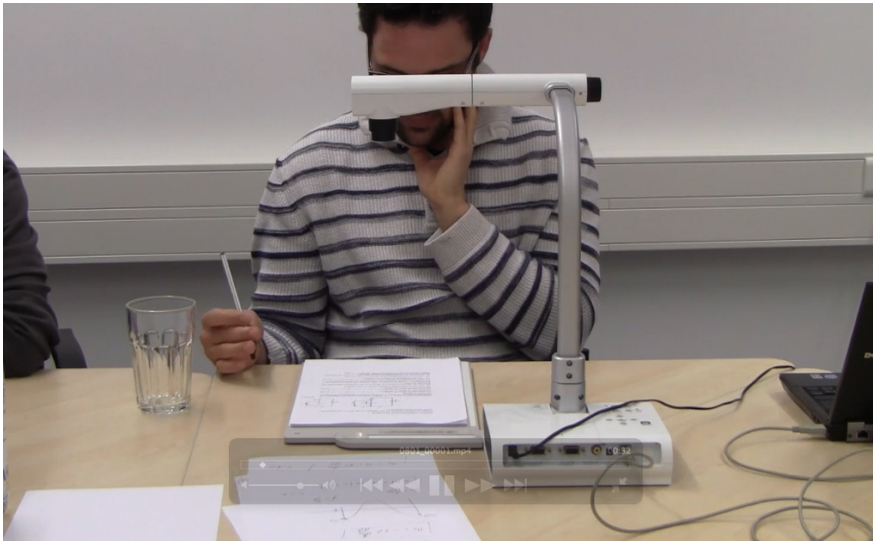
- Teilprojekt A: Universität Paderborn / Leuphana Universität Lüneburg. Kompetenzmodellierung, Kompetenzentwicklung und Kompetenzerfassung im Bereich Elektrotechnik.
- Teilprojekt B: Technische Universität Dortmund / Ruhr-Universität Bochum. Kompetenzmodellierung, Kompetenzentwicklung und Kompetenzerfassung bezogen auf den Maschinenbau.
- Teilprojekt C: Universität Stuttgart / IPN-Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. IRT-basierte Modellierung zentraler Felder ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge, insbesondere Technische Mechanik, Werkstoffkunde, Konstruktionstechnik und höhere Mathematik für Ingenieure.

---

<sup>3</sup>[www.kom-at-ing.de](http://www.kom-at-ing.de) (abgerufen am 20.01.2014)

<sup>4</sup>Item Response Theory

In den Teilprojekten A und B werden zwischen der „Grundlagenphase“ (1.-3. Semester) und der „Fortgeschrittene Bachelor- und Masterphase“ (3.-10. Semester) unterschieden, da es hier andere Kompetenzen zu erwerben gilt. Im Teilprojekt C wird insbesondere die Mathematik für Ingenieure und ihre Verwendungsfelder betrachtet, wobei IRT-basierte Kompetenzmodellierung und Kompetenzmessung im Grundstudium von Maschinenbaustudiengängen im Mittelpunkt steht. Die Ziele des KoM@ING-Projekts bestehen darin, Grundlagen für eine Kompetenzdiagnostik zu schaffen, die als Basis für Evaluation und Gestaltung von Lehrinnovationen dienen kann.



**Abbildung 1.10:** Expertenbefragung unter Verwendung eines Visualizers  
(Quelle: Freundlicherweise direkt aus den Aufnahmen von  
Dipl.-Math. Jörg Kortemeyer, Universität Paderborn 2013,  
erhalten)

Im Teilprojekt A wurden im WS 2013/14 umfangreiche Experteninterviews zu konkreten Klausuraufgaben für Elektrotechnikstudierende im zweiten Semester durchgeführt. Ziel ist es, sowohl die von den Aufgabenstellern erwarteten Kompetenzen, als auch die durch die Aufgaben von den Studierenden tatsächlich verlangten Kompetenzen zu ermitteln.

### 1.4.2.2 MathePlusPraxis

Bei „MathePlusPraxis“ handelt es sich um ein Projekt der Gemeinschaftsinitiative „*Lehre<sup>n</sup>* - Das Bündnis für Hochschullehre“<sup>5</sup>. Ziel des Bochumer Projekts *MP<sup>2</sup>* ist es „unnötigen Studienabbruch im ersten Studienjahr in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik [zu] verhindern.“<sup>6</sup> Wie man auf der Projektseite und bei Rooch u. a. (2014), Dehling u. a. (2014) sowie Härterich u. a. (2012) erfahren kann, sehen die Projektmitarbeiter die größten Probleme der Studienanfänger in Bezug auf die Mathematik im Übergang Schule / Hochschule und dem Verlust der Motivation, da bereits im zweiten Semester der Anwendungsbezug fehlen würde. Beide Problemfelder sollen behandelt werden, wobei der Projektteil „MathePlus“ das Übergangsproblem und der Projektteil „MathePraxis“ das Anwendungsproblem lösen sollen.

Da für uns besonders das Teilprojekt „MathePraxis“ interessant ist, soll zum „MathePlus“-Projekt nur so viel gesagt werden, dass den Studierenden hier eine zusätzliche Übungsstunde pro Woche angeboten wird, in der die regulären Mathematik-Übungen vorbereitet werden. Dabei sollen die Studierenden die wichtigsten Arbeitstechniken erlernen und zeitnahe Rückmeldung von Mitarbeitern erhalten.

Im Teilprojekt „MathePraxis“ sollen die Studierenden im zweiten Semester Anwendungen der Mathematik in der Praxis kennenlernen, um so Motivationsprobleme vorzubeugen und den daraus eventuell resultierenden Studienabbruch zu verhindern (Rooch u. a. (2014), S.400f). Die Praxisprojekte, die die Studierenden in kleinen Gruppen von ca. 5 Personen bearbeiten sollen, legen einen Schwerpunkt darauf, dass das nötige Wissen weitgehend selbstständig erarbeitet wird (ebd. S.401). Ein Beispiel für solch ein Projekt war „Ausbalancieren mit Differentialgleichungen: Der Segway“, bei dem die Teilnehmer/innen der Frage nachgingen, weshalb ein Segway<sup>7</sup> nicht umfällt.

Hierzu war es nötig herauszufinden, wie man ein inverses Pendel durch Regelung stabilisieren kann. Dabei kamen Differentialgleichungen, Eigenvektoren und Matrizenrechnung zum Tragen, wodurch der Zusammenhang zur Mathematik schnell ersichtlich wurde (ebd. S.402).

---

<sup>5</sup>[www.lehrehochn.de](http://www.lehrehochn.de)

<sup>6</sup>Quelle: Startseite der Projektseite: [www.ruhr-uni-bochum.de/mp2/](http://www.ruhr-uni-bochum.de/mp2/) (abgerufen am 21.01.2014)

<sup>7</sup>Selbstbalancierter Roller auf zwei zwei nebeneinander stehenden Rädern



**Abbildung 1.11:** Erprobung der Segway-Regelung am Praxistag (Foto: Pressestelle der Ruhr-Universität Bochum. Auch zu finden in Rooch u. a. (2014), S.403. Erlaubnis liegt vor.)

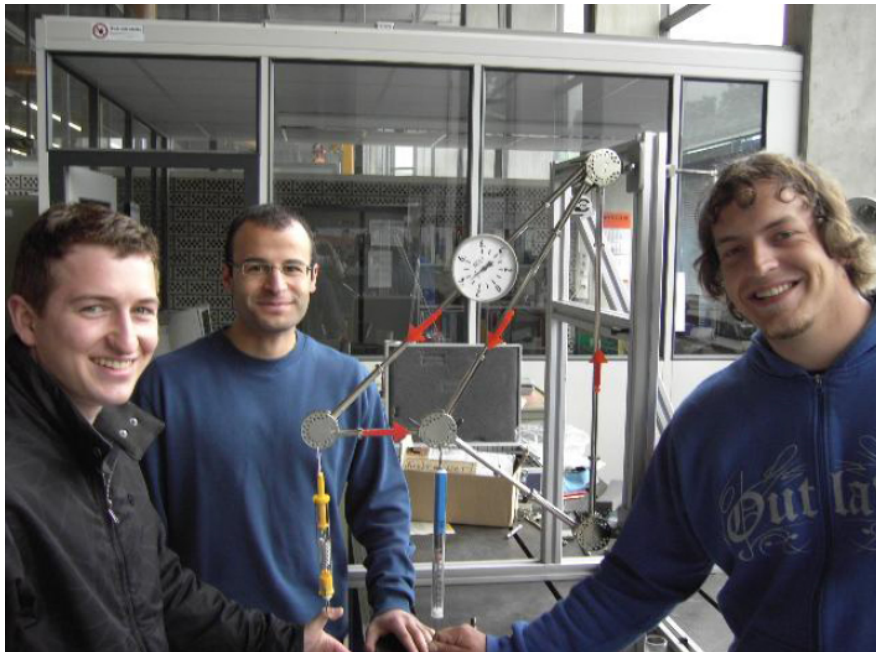
Insgesamt konnten die Forscher in einem kleineren Rahmen ( $N=23$ ) zeigen, dass Anwendungsbezug für Studierende technischer Fächer sehr wichtig ist und maßgeblich die Motivation beeinflusst sowie, dass ihre Lehrinnovation von den Teilnehmer/innen überwiegend positiv bewertet wurde (ebd. S.406ff).

### 1.4.2.3 Praxisprojekte von Prof. Alpers

Die Arbeitsgebiete von Prof. Dr. Burkhard Alpers sind die Didaktik der Mathematik für Ingenieure sowie Anwendungen der Mathematik im Maschinenbau. In verschiedensten Projekten werden praxisorientierte Aufgaben in die Mathematikveranstaltungen in den ersten drei Maschinenbau-Semester eingesetzt, um so die Mathematik und die Anwendungsfächer zu integrieren (siehe z.B. Alpers (2013b), Alpers (2010) und Alpers (2001)). Zusätzlich zur Vorlesung mit integrierten Übungen sind die Maschinenbau-Studierenden verpflichtet an Miniprojekten teilzunehmen. In Gruppen von maximal drei Teilnehmern muss mindestens eins von zwei dieser Projekte erfolgreich be-



arbeitet werden, um zur Klausur zugelassen zu werden. Ein Beispiel für solch ein Miniprojekt zeigt die Verbindung von Stabfachwerken und linearen Gleichungssystemen auf (vgl. Alpers (2013b), S.1ff). Die fachspezifischen Grundlagen erlernen die Studierenden in der Vorlesung „Technische Mechanik“, speziell in der Statik, während die Gleichungssysteme in der Mathematikvorlesung behandelt werden. Weiterhin sind die Studierenden aufgefordert ein Computeralgebrasystem zu verwenden, da diese in späteren Semestern immer wieder zum Einsatz kommen.



**Abbildung 1.12:** Veranschaulichung der Theorie (Quelle: Alpers (2013b), S.8 (Erlaubnis liegt vor))

Wie man auf dem Foto erkennen kann, bestehen die Projekte nicht nur aus einem Theorieteil, in dem der mathematische und technische Hintergrund verbunden werden soll, sondern auch aus einem Praxisteil, in dem konkrete Modelle von den Teilnehmer/innen gebaut werden, um so die Theorie anschaulich zu verifizieren.

#### 1.4.2.4 Fördern und Fordern

Das Projekt „Fordern und Fördern“ gehört zu der Gemeinschaftsinitiative „*Lehre<sup>n</sup>* - Das Bündnis für Hochschullehre“<sup>8</sup> und geht davon aus, dass die Mathematikausbildung in den Ingenieurwissenschaften für viele Studierende eine große Herausforderung darstellt (vgl. Melcher u. a., 2013).

Um diesen Hürden zu begegnen wurden verschiedene Bausteine entwickelt, so zum Beispiel der vierwöchige Vorkurs, der die inhaltliche Brücke zwischen der Mathematik der Schule und der Hochschule bilden soll und gleichzeitig den ersten persönlichen Kontakt zwischen Dozenten und Studierenden ermöglichen kann. Nach dem Vorkurs beginnt eine achtwöchiger Orientierungsphase, die durch Kurzttests den Studierenden regelmäßig Rückmeldung zu ihrem Wissenstand geben soll. Hierauf kann, nach schriftlicher Bewerbung mit Motivationsschreiben seitens der Studierenden, ein Anpassungskurs besucht werden. Hier wird zunächst ein Methodentraining zu den Themen Zeit- und Selbstmanagement sowie Lernen und Studieren angeboten. Abgerundet wird das Angebot durch persönliche Betreuung seitens der Kursleiter, um so die Studierenden bei Schwierigkeiten auffangen zu können (ebd. S.1).

#### 1.4.2.5 Das WSU-Modell

An der Wright State University (WSU) in Ohio, USA, versucht man die hohen Abbruchzahlen in den Ingenieurwissenschaften durch Veränderungen in den Lehrplänen zu bekämpfen (Klingbeil u. a., 2005a). Ein großes Problem sei, dass das traditionelle Curriculum für Ingenieure sich seit einem halben Jahrhundert kaum geändert habe und dass es kaum Verbindungen zwischen der Mathematik und den Fachvorlesungen gäbe. Hier setzt das Projekt an.

Zunächst wurde im Herbst 2004 eine neue Veranstaltung für Studienanfänger/innen unter dem Titel „Introductory Mathematics for Engineering Applications“ entwickelt. Hier sollen nur relevante und gerade in den Fachvorlesungen genutzte mathematische Inhalte gelehrt werden, so dass die Studierenden den ingenieurwissenschaftlichen Vorlesungen folgen können. Typische Themen sind beispielsweise Vektorrechnung, komplexe Zahlen, Trigonometrie, Differentialgleichungen und Matrizenrechnung. Der Kurs wird von Lehrkräften aus den Ingenieurwissenschaften gehalten, wobei diese auf das häufige Aufzeigen von Anwendungen und Verbindungen zur Physik und Technik achten. Insgesamt wurde das Projekt positiv evaluiert. So bestanden über 78% der Studierenden den Kurs mit der Note „C“ (entspricht etwa „befriedigend“) oder besser, was eine fast doppelt so große Menge

---

<sup>8</sup>[www.lehrehochn.de](http://www.lehrehochn.de)

an bestandenen Klausuren darstellt, wie sonst bisher an der WSU in den Anfängervorlesungen für Mathematik für Ingenieure üblich war (ebd. S.1f). Details zu der Auswertung finden sich in Klingbeil u. a. (2005b).

#### 1.4.2.6 Aufgabenforschung im Verbundprojekt EVELIN

Im Rahmen des Verbundprojekts EVELIN<sup>9</sup> (siehe Abke u. a. (2012)), welches sich an sechs bayrischen Hochschulen mit Lehr- und Lernprozessen im Hochschulfach Software Engineering befasst, wurden an der Hochschule Kempten einige Untersuchungen zu Lernaufgaben im Software Engineering durchgeführt (z.B. Figas u. a. (2014)). Beispielsweise wurde eine Dokumentenanalyse an 350 Teilaufgaben im Hochschulfach Software Engineering umgesetzt. Hierbei wurden vier Aufgabentypen als besonders wichtig herausgearbeitet: Erarbeitungsaufgaben, Wiederholungs- und Übungsaufgaben, Anwendungsaufgaben und freie Gestaltungsaufgaben (vgl. Figas u. a. (2015), S.21). Speziell die Projektgruppe in Kempten beschäftigt sich derzeit mit Lernaufgaben im genannten Hochschulfach (siehe z.B. Figas u. a. (2014)). Lernaufgaben werden von Test- und Leistungsaufgaben abgegrenzt, denn letztere dienen dem Überprüfen und Diagnostizieren von Wissen und Kompetenzen, während erstere zur Auseinandersetzung mit speziellen Inhalten des Unterrichts anregen sollen und die Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden fördern. Weiterhin können Lernaufgaben deutlich offener und unterschiedlicher gestellt werden und ermöglichen Rückmeldungen durch die Lehrpersonen in Form von Besprechungen und Korrekturen (Figas u. a. (2015), S.21f).

Für Figas, Bartel und Hagel steht das Ziel, herauszufinden, welche Lernaufgaben unterschieden werden können, wie diese konkret aussehen und welche Rückschlüsse dies für die Lehre zulässt, im Zentrum ihrer Untersuchungen im Fach Software Engineering (ebd. S.22). Die Autoren beginnen ihre Forschung also damit, die Ausgangssituation zu begutachten und starteten eine Dokumentenanalyse, denn das Fach Software Engineering ist bis dato noch kaum beforscht und es ist nicht klar, ob Ergebnisse anderer Fächer direkt auf dieses spezielle Fach übertragen werden können. Hier werden also (zunächst) keine neuen Aufgaben entwickelt, sondern es wird versucht, die bestehenden Aufgaben zu klassifizieren und Lücken bzw. Probleme zu entdecken, die anschließend ggf. durch entsprechende Aufgaben geschlossen werden könnten.

---

<sup>9</sup>Experimentelle Verbesserung des Lernens von Software Engineering, siehe z.B. [www.evelinprojekt.de](http://www.evelinprojekt.de) (abgerufen am 26.02.2015).

## 1.5 Studieren in Paderborn

Die Studien für diese Dissertation wurden an der Universität Paderborn durchgeführt, daher ist es sinnvoll im Folgenden einen kurzen Überblick über die Studiensituation, mit besonderem Hinblick auf die der Maschinenbau-Studierenden, zu geben. Es werden sowohl allgemeine Zahlen zur Hochschulen, als auch spezielle Informationen zum Verlauf des Maschinenbaustudiums gegeben.

### 1.5.1 Allgemeine Daten

Laut den Statistiken der Universität Paderborn (siehe ITD (2013)) sind insgesamt 19.410 Studierende (davon 9.383 weiblich) im Wintersemester 2013/2014 an dieser Hochschule eingeschrieben. Im ersten Studiengang befinden sich insgesamt 12.124 Bachelor- (davon 5.503 weiblich) und 2.347 Master-Studierende (davon 784 weiblich). Weiterhin gehören zu den Bachelor-Studierenden im ersten Studiengang 877 Maschinenbau-Studierende (kurz „MB“) und 914 Studierende der Wirtschaftsingenieurwesen mit Spezialisierung auf Maschinenbau (kurz „WING“). Im Master befinden sich 451 MB- und 235 WING-Studierende. Summiert man alle Ingenieurstudierende auf, so zeigt sich, dass fast 19% der Studierenden einen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang an der Universität Paderborn im Wintersemester 2013/2014 belegen. Wie wir weiter oben bereits gesehen haben, liegt die Hochschule damit knapp unter dem nationalen Durchschnitt.

Im Studienjahr 2013 (d.h. Sommersemester 2013 und Wintersemester 2013/2014) sind insgesamt 3.282 Studierende in einem Bachelor-Studiengang im ersten Hochschulsemester eingeschrieben. Davon studieren 204 Maschinenbau (kurz „MB“) und weitere 228 Wirtschaftsingenieurwesen („WING“). Einen Master-Studiengang fingen in der Summe 140 Studierende, davon 22 MB und 3 WING-Studierende an.

### 1.5.2 Der Studiengang Maschinenbau

Die Informationen aus den folgenden Abschnitten stammen aus den Studienführern der Universität Paderborn (2011a, 2011b) sowie aus Gesprächen mit Studierenden der entsprechenden Studiengänge. Zudem leitete der Autor über mehrere Semester hinweg Tutorien zu den Veranstaltungen Mathematik 1 und 2 für Maschinenbauer und konnte daher Einblicke in die Organisation und das Studium gewinnen.

### 1.5.2.1 Vorkurs und Fachvorlesungen

Vor Beginn des Wintersemesters werden üblicherweise Mathematik-Vorkurse für die angehenden Studierenden angeboten. Hier wird der Stoff der Oberstufe wiederholt und durch universitäre Inhalte abgerundet, so dass die Studierenden zu Beginn der Vorlesungszeit im besten Falle in ihren mathematischen Fertigkeiten weniger heterogen sind und auf einer guten Grundlage aufbauend den kommenden Stoff begegnen können.

Den Studierenden wird durch die Hochschule ein Regelstudienplan zum Bachelor-Studium zu Hilfe gestellt, der Empfehlungen darüber ausspricht, welche Veranstaltungen in welchem Semester besucht werden sollten. Auf den folgenden beiden Abbildungen sind die genannten Verlaufspläne zu sehen. Hier erkennt man, dass die Studiengänge MB und WING sich sehr ähnlich sind. Es ist im Übrigen nicht ungewöhnlich die Universität zum Master-Studium zu wechseln, um so den persönlichen Neigungen in der beruflichen Spezialisierung nachgehen zu können. Daher, und weil wir uns insbesondere mit den Studierenden der ersten (Bachelor-)Semestern beschäftigen, wollen wir uns den Masterstudiengängen nicht weiter widmen.

Die meisten der Fachvorlesungen, wie z.B. Technische Mechanik, Thermodynamik und Technische Darstellung, sind sich in der organisatorischen Grundstruktur ähnlich. Es werden wöchentliche Vorlesungen sowie Zentralübungen und Tutorien angeboten. In den Zentralübungen werden Aufgaben vom Übungsleiter vorgerechnet, während in den deutlich kleineren Tutorien die Studierenden selbst Übungsaufgaben unter Aufsicht lösen sollen und zum jeweiligen Inhalt individuelle Fragen stellen können. Üblicherweise gibt es keine Heimübungen, die zu Hause gerechnet und später korrigiert werden, sondern meist nur so genannte Präsenz- oder Gruppenübungen. In anderen Veranstaltungen, wie z.B. Maschinenelemente, wird keine Zentralübung angeboten, aber das restliche Angebot bleibt gleich.

| Modul   | LP  | Art | Fach  | 1. Sem. LP | 2. Sem. LP | 3. Sem. LP | 4. Sem. LP | 5. Sem. LP | 6. Sem. LP | Prüf.-art (m/b/e) |
|---|-----|-----|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Naturwissenschaftliche Grundlagen u. Informatik | 10  | EPL | Physik  | 3          |            |            |            |            |            | b                 |
|   |     | EPL | Angewandte Chemie   | 3          |            |            |            |            |            |                   |
|   |     | EPL | Technische Informatik                                     | 4          |            |            |            |            |            | e                 |
| Mathematik 1                                    | 7   | EPL | Mathematik 1  | 7          |            |            |            |            |            | m                 |
| Mathematik 2                                    | 7   | EPL | Mathematik 2  |            | 7          |            |            |            |            | m                 |
| Mathematik 3                                    | 4   | EPL | Mathematik 3  |            |            | 4          |            |            |            | m                 |
| Technische Mechanik 1, 2                        | 11  | EPL | Technische Mechanik 1                                     | 6          |            |            |            |            |            | m                 |
|   |     | EPL | Technische Mechanik 2                                     |            | 5          |            |            |            |            |                   |
| Technische Mechanik 3                           | 5   | EPL | Technische Mechanik 3                                     |            |            | 5          |            |            |            | m                 |
| Werkstoffkunde                                  | 12  | EPL | Werkstoffkunde 1  |            | 6          |            |            |            |            | m                 |
|   |     | EPL | Werkstoffkunde 2  |            |            | 6          |            |            |            |                   |
| Technische Darstellung                          | 5   | EPL | Technische Darstellung                                    | 5          |            |            |            |            |            | m                 |
| Maschinenelemente-Grundlagen                    | 5   | EPL | Maschinenelemente-Grundlagen                              |            | 5          |            |            |            |            | m                 |
| Maschinenelemente-Verbindungen                  | 7   | EPL | ME-Verbindungen   |            |            | 5          |            |            |            | m                 |
|   |     | LN  | Konstruktionsentwürfe                                     |            |            | 2          |            |            |            |                   |
| Maschinenelemente-Antriebstechnik               | 7   | EPL | ME-Antriebstechnik  |            |            |            | 5          |            |            | m                 |
|   |     | LN  | Konstruktionsentwürfe                                     |            |            |            | 2          |            |            |                   |
| Messtechnik und Elektrotechnik                  | 8   | EPL | Grundlagen der E-Technik                                  |            |            | 4          |            |            |            | e                 |
|   |     | EPL | Messtechnik   |            |            |            | 4          |            |            | e                 |
| Thermodynamik 1                                 | 5   | EPL | Thermodynamik 1   |            |            | 5          |            |            |            | m                 |
| Thermodynamik 2                                 | 5   | EPL | Thermodynamik 2   |            |            |            | 5          |            |            | m                 |
| Anwendungsgrundlagen                            | 8   | EPL | Grundl. d. Verfahrenstechnik u. d. Kunststoffverarbeitung |            | 4          |            |            |            |            | e                 |
|   |     | EPL | Grundl. d. Fertigungstechn.                               |            | 4          |            |            |            |            | e                 |
| Regelungstechnik und Mechatronik                | 8   | EPL | Grundlagen d. Mechatronik und Systemtechnik               |            |            |            | 4          |            |            | e                 |
|   |     | EPL | Regelungstechnik  |            |            |            |            | 4          |            | e                 |
| Transportphänomene                              | 6   | EPL | Wärmeübertragung  |            |            |            | 2          |            |            | m                 |
|   |     | EPL | Fluidmechanik   |            |            |            | 4          |            |            |                   |
| Arbeits- und Betriebsorganisation               | 4   | EPL | Industrielle Produktion                                   |            |            |            | 2          |            |            | m                 |
|   |     | EPL | Projektmanagement   |            |            |            | 2          |            |            |                   |
| Technische Mechanik 4                           | 5   | EPL | Maschinendynamik oder Mechanik der Werkstoffe             |            |            |            |            | 5          |            | m                 |
| Basismodul                                      | 12  | EPL | Basismodul  |            |            |            |            | 8          | 4          | e                 |
| Wahlpflichtmodul                                | 12  | EPL | Wahlpflichtmodul  |            |            |            |            | 4          | 8          | e                 |
| Projektseminar                                  | 2   | EPL | Projektseminar  |            |            |            |            | 2          |            | m                 |
| Studium Generale                                | 10  | PL  | Studium Generale  |            |            |            |            | 7          | 3          | m                 |
| Bachelorarbeit                                  | 15  | EPL | Schriftliche Ausarbeitung                                 |            |            |            |            |            | 12         | m                 |
|   |     | EPL | Kolloquium  |            |            |            |            |            | 3          |                   |
| Summe LP  | 180 |     |   | 28         | 31         | 31         | 30         | 30         | 30         |                   |

Prüfungsart: m: Modulprüfung, b: Blockprüfung, e: Einzelprüfung, LP: Leistungspunkte bzw. Credits gem. ECTS  
 Prüfungsleistung: EPL: endnotenrelevante Prüfungsleistung, PL: nicht endnotenrelevante Prüfungsleistung, LN: Leistungsnachweis

Abbildung 1.13: Studienverlaufsplan MB (aus Uni Pb(2011b))

| Modul  | LP         | Art | Fach  | 1. Sem.<br>LP | 2. Sem.<br>LP | 3. Sem.<br>LP | 4. Sem.<br>LP | 5. Sem.<br>LP | 6. Sem.<br>LP | Prüf.-art<br>(m/b/e) |
|--|------------|-----|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| Naturwissenschaftliche Grundlagen und Informatik | 10         | EPL | Physik  | 3             |               |               |               |               |               | b                    |
|  |            | EPL | Angewandte Chemie                             | 3             |               |               |               |               |               |                      |
|  |            | EPL | Technische Informatik                         | 4             |               |               |               |               |               | e                    |
| Mathematik 1                                     | 7          | EPL | Mathematik 1                                  | 7             |               |               |               |               |               | m                    |
| Mathematik 2                                     | 7          | EPL | Mathematik 2                                  |               | 7             |               |               |               |               | m                    |
| Mathematik 3                                     | 4          | EPL | Mathematik 3                                  |               |               | 4             |               |               |               | m                    |
| Technische Mechanik 1,2                          | 11         | EPL | Technische Mechanik 1                         | 6             |               |               |               |               |               | m                    |
|  |            | EPL | Technische Mechanik 2                         |               | 5             |               |               |               |               |                      |
| Technische Mechanik 3                            | 5          | EPL | Technische Mechanik 3                         |               |               | 5             |               |               |               | m                    |
| Werkstoffkunde für WING und CIW                  | 9          | EPL | Werkstoffkunde 1                              |               | 6             |               |               |               |               | m                    |
|  |            | EPL | Werkstoffkunde 2 für WING u. CIW              |               |               | 3             |               |               |               |                      |
| Technische Darstellung                           | 5          | EPL | Technische Darstellung                        | 5             |               |               |               |               |               | m                    |
| ME-Grundlagen                                    | 5          | EPL | ME-Grundlagen                                 |               | 5             |               |               |               |               | m                    |
| Messtechnik und Elektrotechnik                   | 8          | EPL | Grundl. d. E-Technik                          |               |               | 4             |               |               |               | e                    |
|  |            | EPL | Messtechnik                                   |               |               |               | 4             |               |               |                      |
| Grundlagen der Fertigungstechnik                 | 4          | EPL | Grundlagen der Fertigungstechnik              |               | 4             |               |               |               |               | m                    |
| Thermodynamik 1                                  | 5          | EPL | Thermodynamik 1                               |               |               | 5             |               |               |               | m                    |
| Regelungstechnik und Mechatronik                 | 8          | EPL | Grundl. d. Mechatronik und Systemtechnik      |               |               | 4             |               |               |               | e                    |
|  |            | EPL | Regelungstechnik                              |               |               |               |               | 4             |               | e                    |
| Arbeits- und Betriebsorganisation                | 4          | EPL | Industrielle Produktion                       |               | 2             |               |               |               |               | m                    |
|  |            | EPL | Projektmanagement                             |               |               |               | 2             |               |               |                      |
| Grundzüge der BWL A                              | 9          | EPL | Grundzüge der BWL A                           |               |               | 9             |               |               |               |                      |
| Grundzüge der BWL B                              | 9          | EPL | Grundzüge der BWL B                           |               |               |               | 9             |               |               | m                    |
| Grundzüge der VWL                                | 9          | EPL | Grundzüge der VWL                             |               |               |               | 9             |               |               | m                    |
| Grundzüge der Statistik                          | 5          | EPL | Grundzüge der Statistik                       | 5             |               |               |               |               |               | m                    |
| Techn. Wahlpflichtmodul                          | 12         | EPL | Techn. Wahlpflichtmodul                       |               |               |               |               | 4             | 8             | e                    |
| Projektseminar                                   | 2          | EPL | Projektseminar                                |               |               |               |               | 2             |               | m                    |
| Wirtschaftswissenschaftl. Wahlpflichtmodul       | 10         | EPL | Wirtschaftswissenschaftl. Wahlpflichtmodul    |               |               |               |               | 10            |               | m                    |
| Produktions- und Informationsmanagement-Modul    | 10         | EPL | Produktions- und Informationsmanagement-Modul |               |               |               |               |               | 10            | m                    |
| Methoden der Wirtschaftsinformatik               | 10         | EPL | Methoden der Wirtschaftsinformatik            |               |               |               |               | 10            |               | m                    |
| Bachelorarbeit                                   | 12         | EPL | Schriftliche Ausarbeitung                     |               |               |               |               |               | 10            | m                    |
|  |            | EPL | Kolloquium                                    |               |               |               |               | 2             |               |                      |
| <b>Summe LP</b>                                  | <b>180</b> |     |   | <b>33</b>     | <b>29</b>     | <b>30</b>     | <b>28</b>     | <b>30</b>     | <b>30</b>     |                      |
| <b>Zahl der Prüfungen pro Semester</b>           |            |     |   | <b>6</b>      | <b>5</b>      | <b>6</b>      | <b>5</b>      | <b>5</b>      | <b>4</b>      |                      |

Prüfungsleistung: EPL: endnotenrelevante Prüfungsleistung, PL: nicht endnotenrelevante Prüfungsleistung  
 Prüfungsart: m: Modulprüfung, b: Blockprüfung, e: Einzelprüfung, LP Leistungspunkte bzw. Credits gem. ECTS

Abbildung 1.14: Studienverlaufsplan WING (aus Uni Pb (2011a))

Neben den klassischen Vorlesungen gibt es noch Veranstaltungen in denen die theoretischen Grundlagen in praktischen Versuchen angewendet werden. So sind in Werkstoffkunde und Messtechnik sieben obligatorische Praktika (90 Minuten) zu absolvieren. Weiterhin muss bis zum Ende des Bachelorstudiums ein Industriepraktikum über drei Monate absolviert werden.

### 1.5.2.2 Mathematik für Maschinenbauer

Die Veranstaltungen Mathematik 1 und 2 für Maschinenbauer werden üblicherweise in den ersten zwei Semestern besucht. Die Studierenden der Studiengänge MB, WING und Chemieingenieurwesen (kurz „CIW“) haben hier die Möglichkeit zwei Mal in der Woche je eine Vorlesung 90 Minuten sowie eine Zentralübung 90 Minuten und ein Tutorium 90 Minuten zu besuchen, so dass in der Summe acht Semesterwochenstunden belegt werden. In der Vorlesung werden die Inhalte durch den Dozenten vorgestellt und erläutert. Um den Stoff zu vertiefen werden üblicherweise sowohl Heim- als auch Gruppenübungsaufgaben angeboten. Die Heimübungen sind zu Hause zu bearbeiten und nach einer Woche abzugeben. Eine Woche später werden sie (von studentischen Hilfskräften) korrigiert und wieder an die Studierenden zurückgegeben, so dass sie eine Rückmeldung erhalten und ihren Fehlern frühzeitig nachgehen können. Ob die Abgabe Pflicht ist oder nicht, variiert von Dozent zu Dozent. So galt im Wintersemester 2013/14 die Regel, dass die Abgabe zwar freiwillig war, allerdings Bonuspunkte erarbeitet werden konnten, mit denen sogar die Klausur bestanden werden konnte, wenn man nur knapp nicht besteht.

In der Zentralübung werden oft Lösungen zu den Heimübungen von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter vorgestellt. Es ist möglich hier Fragen zu stellen, doch oft wird die Zentralübungen so gut besucht, dass eine individuelle Beratung nicht möglich ist. Zu diesem Zweck existieren allerdings die Tutorien, die von wissenschaftlichen Mitarbeitern und studentischen Hilfskräften (höherer Semester) geleitet werden. Die Gruppengröße variiert meist zwischen 20 und 30 Studierenden und ist daher klein genug, um auf den Einzelnen eingehen zu können. Während eines Tutoriums werden häufig zunächst die wichtigsten Inhalte aus der Vorlesung kurz gemeinsam zusammengefasst und gegebenenfalls erläutert. Anschließend (oder auch zwischendurch) sollen die Studierenden Gruppenübungen bearbeiten und vorstellen. Diese sind meist den Heimaufgaben nachempfunden und sollen auf eben diese vorbereiten.

Im Folgenden werden die zentralen und üblichen Themen der beiden Veranstaltungen chronologisch aufgelistet.



| Mathematik 1 für Maschinenbauer  | Mathematik 2 für Maschinenbauer           |
|--|---|
| Zahlenbereiche   | LGS, Determinante                         |
| Kartesische Koordinatensysteme   | Vektorräume, Basen                        |
| Trigonometrie, Polarkoordinaten  | Lineare Abbildungen, Diagonalisierbarkeit |
| Vektorrechnung (Geraden, Ebenen...)  | Eigenwerte, Eigenvektoren                 |
| Dreiecks- und Bernoulli-Ungleichung  | Abstandsberechnungen, Normen              |
| Summenformeln  | Stetigkeit von Abbildungen                |
| Vollständige Induktion   | Differenzierbarkeit von Abbildungen       |
| Zahlenfolgen, Konvergenz von Folgen  | Abschluss, Kompaktheit, Sphären           |
| Reihen, Konvergenzkriterien  | Richtungsableitung, Gradient              |
| Funktionen, Injektivität, Surjektivität, Bijektivität, Stetigkeit, Grenzwert | Funktionen mit mehreren Veränderlichen    |
| Exponentialfunktion und Logarithmus  | Gradientenvektorfelder                    |
| Polynome und Horner-Schema   | Kurvenintegrale                           |
| Komplexe Zahlen  | Gewöhnliche Differentialgleichungen       |
| Differentialrechnung, Kurvendiskussion                                       | Systeme linearer Differentialgleichungen  |
| Taylorsche Formel, Taylorreihe   | Differentialgleichungen höherer Ordnung   |
| Newton-Verfahren   |   |
| Integralrechnung   |   |

**Tabelle 1.4:** Übliche Themen der Mathematik-Veranstaltungen für Maschinenbauer im ersten Studienjahr

Diese Themen variieren von Dozent zu Dozent meist nur in Details und Reihenfolge. Insgesamt betrachtet werden Inhalte der Analysis und der linearen Algebra behandelt. An manchen Hochschulen wurde die Reihenfolge des Stoffs in den Mathematikvorlesungen an die der Technischen Mechanik angepasst, so dass die Studierenden genau die mathematischen Inhalte kennen lernen, die sie in den Fachvorlesungen gerade benötigen. In Paderborn wurden entscheidende Schritte für solch eine Anpassung durch das MatheMasch-Projekt des khdm initiiert.

Anwendungsorientierte Aufgaben für  
Mathematikveranstaltungen der  
Ingenieurstudiengänge  
Konzeptgeleitete Entwicklung und Erprobung am  
Beispiel des Maschinenbaustudiengangs im ersten  
Studienjahr

Wolf, P.

2017, XXIV, 570 S. 159 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-17771-3