

Markus HENSGENS, Aachen

Eine empirische Studie zu mathematischen Kompetenzen von Ingenieur-Erstsemesterstudierenden aus Sicht von Lehrenden der Anwendungsmodule

Die Studienabbruchquoten in den Ingenieurwissenschaften sind seit Jahren hoch. Für die Studienanfänger/innen im Bachelor aus den Jahren 2014/2015 liegen diese Quoten bei 35% an Universitäten und 32% an Fachhochschulen (Heublein u. a. 2020). Für einen Studienabbruch oder Studiengangwechsel gibt es vielfältige Ursachen, wobei insbesondere fehlende Vorkenntnisse und unzureichende Lernvoraussetzungen zu Studienbeginn, das Vermissen von Praxis- und Anwendungsbezügen sowie motivationale Gründe eine entscheidende Rolle spielen (z. B. Heublein u. a. 2017). Besonders der fehlende Berufs- und Praxisbezug des Studiums wirkt sich zu Studienbeginn demotivierend aus, sind doch die allermeisten Module in den ersten beiden Hochschulsesemestern technische und mathematische Grundlagenfächer, die wenig Anwendungssituationen vergleichbar zum späteren Studien- geschweige denn Berufskontext bieten (ebd.). Auch Rooch (2012) beschreibt die schwindende Motivation im Laufe der Studieneingangsphase, da die Studierenden sich zwar für Technik interessieren, sie den Anwendungsbezug der mathematischen Verfahren jedoch nicht erkennen. Schließlich ist ein wesentliches Ziel der Mathematik für Ingenieure, dass die Studierenden die erlernte Mathematik auf ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen anwenden können (Alpers 2013). Damit Mathematiklehrende den Anwendungsbezug in einer mathematischen Grundlagenlehrveranstaltung sicherstellen können, müssen diese das Wissen haben, welche mathematischen Inhalte für die entsprechende Ingenieurszielgruppe relevant sind und im Rahmen des Studiums der Anwendungsmodule angewendet werden. In diesem Sinne werden in der hier beschriebenen Studie die Lehrenden der ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsmodule, im Folgenden Anwender/innen genannt, befragt, wie sie die Relevanz der mathematischen Erstsemesterthemen beurteilen.

MatheKingS

Die empirische Studie zur Untersuchung *mathematischer Kompetenzen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge* (MatheKingS) versucht herauszufinden, wie den Mathematiklehrenden eine Orientierung ermöglicht werden kann sowie die Relevanz der mathematischen Inhalte insbesondere aus Sicht der Anwender/innen eingeschätzt wird. Die Studie beschränkt sich aus fachwissenschaftlicher Sicht auf die grundlegenden mathematischen Inhalte zum Inhaltsfeld Analysis im ersten Semester. Im Curriculum Framework Document der SEFI (Alpers 2013) findet sich bereits eine Möglichkeit, relevante Inhalte zur Mathematik für Ingenieure nachzuschlagen. Hierbei handelt es sich aber um ein state-of-the-art-Expertenwissen von wenigen Mathematiklehrenden, während die vorliegende empirische Studie die Einschätzung zahlreicher Anwender/innen fokussiert. Zudem sollen im

Rahmen der vorliegenden Studie die mathematischen Inhalte nach bestimmten Ingenieurdisziplinen differenziert werden können.

Studiendesign

Im Zuge der Studie wurden von Dezember 2020 bis Februar 2021 rund 6000 Lehrende in den klassischen Ingenieursstudiengängen Bauingenieurwesen, Elektrotechnik sowie Maschinenbau aus ganz Deutschland zur online Befragung eingeladen. Im Fokus stehen dabei die Anwender/innen, die die mathematischen Inhalte voraussetzen und anwenden. Gleichzeitig wurden rund 400 Mathematiklehrende im Ingenieurbereich angeschrieben, um ihre Sicht wiedergeben zu können. Insgesamt haben 1002 Lehrkräfte (17%) teilgenommen.

Im ersten Teil des digitalen Fragebogens werden allgemeine Fragen zur gezielten Auswertung nach Bundesland, Fachgebiet und Hochschultyp gestellt, an dem die Lehrenden in der Mathematik für Ingenieurstudierende bzw. in Anwendungsmodulen tätig sind. Zudem wird nach der Bedeutung der Mathematik für Ingenieurwissenschaften gefragt. Im wesentlichen zweiten Teil werden 71 mathematische Inhalte zur Einschätzung ihrer Relevanz angeboten. Die Mathematiklehrkräfte werden gefragt, wie stark ausgeprägt die Inhalte in der von ihnen gehaltenen Lehrveranstaltung thematisiert werden: kein Thema (1), nur am Rande (2), grundlegend (3), besonderer Fokus (4). Die Anwender/innen sollen die Wichtigkeit der Inhalte für die eigenen Lehrveranstaltungen einschätzen. Dabei wird eine vierstufige Skala verwendet: gar nicht wichtig (1), eher unwichtig (2), eher wichtig (3), sehr wichtig (4). Zur Auswertung aller erhobenen Daten wird angenommen, dass die wahrgenommene Differenz zweier Antwortkategorien als in etwa gleich groß angesehen wird. Dadurch ergibt sich eine quasi-metrische Ordinalskala, die mit Hilfe von Lageparametern der deskriptiven Statistik beschrieben werden kann. Aufgrund der vorliegenden Merkmalsausprägungen und Items werden insbesondere der Mittelwert, die Standardabweichung sowie der Modus im Zuge der Auswertung verwendet.

Erste Ergebnisse

Einig sind sich Mathematiklehrkräfte sowie Anwender/innen, dass die Mathematiklehre v. a. dazu dient, Werkzeuge zur Lösung anwendungsbezogener, ingenieurwissenschaftlicher Probleme zur Verfügung zu stellen (über 70% stimmen voll zu). Abbildung 1 kann entnommen werden, dass das logische und abstrakte Denken insbesondere aus Sicht der Mathematiklehrenden gefördert werden soll (75% der Mathematiklehrenden und über 50% der Anwender/innen stimmen voll zu).

Bei der Auswertung des zweiten Fragebogenteils zur Relevanzeinschätzung der Anwender/innen bzgl. der 71 mathematischen Inhalte ergibt sich bezogen auf den Mittelwert sowie den Modus das in Abbildung 2 dargestellte Bild. Insbesondere dort, wo der Modus stark vom Mittelwert abweicht, findet sich auch eine große Standardabweichung. Die Bedeutung der entsprechenden Inhalte wird sehr unterschiedlich eingeschätzt. Es zeigt sich, dass alle Inhalte im Bereich der

Ich stimme voll zu, dass mathematische Grundlagenveranstaltungen dazu dienen,...

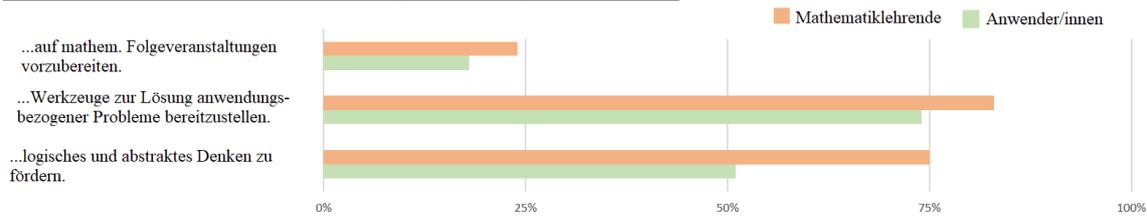


Abb. 1: Bedeutung und Relevanz mathematischer Grundlagenveranstaltungen

Funktionen, der eindimensionalen Differentialrechnung und ihrer Anwendungen sowie der eindimensionalen Integralrechnung und ihrer Anwendungen von den Anwender/innen als (sehr) wichtig eingestuft werden, während die Relevanz der Inhalte zu Folgen, Reihen, Potenzreihen und Stetigkeit als weniger wichtig angesehen werden.

Themengebiete	Mittelwert [Linie]/ Modus [Kreis] (1-4)	Themengebiete	Mittelwert [Linie]/ Modus [Kreis] (1-4)	Themengebiete	Mittelwert [Linie]/ Modus [Kreis] (1-4)	Themengebiete	Mittelwert [Linie]/ Modus [Kreis] (1-4)
Grundlagen		Trigon. Umkehrfunktionen (Ko-)Sekans, Cotangens		Teilfolgen/Häufungspunkte		Differentialrechnung	
Zahlenmengen/Rechensymb.		Eigenschaften trigon. Fkt.		Bestimmte Divergenz		Einführung	
Aussagen/Äquivalenz		Exp.-flt. beliebiger Basen		Komplexe Folgen		Ableitungsregeln	
Vollständige Induktion		Reelle natürl. Exp.-flt.		Reihen		Höhere Ableitungen	
Reelle Zahlen		Komplexe natürl. Exp.-flt.		Definition/Partialsumme		Eigenschaften und Sätze	
Körperaxiome		Logarithmische Funktionen		Konvergenz/Grenzwertregeln		Anwendungen der DR	
Rechenregeln in Körpern		Eigenschaften v. Funktionen		Konvergenzkriterien		Extrem-/Wendestellen	
Anordnungsaxiome		Verketten/Umkehrfkt.		Umordnungssatz/Cauchy-Pro.		Kurvendiskussion	
Ungleichungen/Betrag		Modifikationen		Potenzreihen		Regel von de L'Hospital	
Beschränkte Mengen		Komplexe Zahlen		Definition/Begriffe		Newton-Verfahren	
Vollständigkeit		Definition/Schreibweise		Konvergenz/-radius		Taylorentwicklung	
Funktionen		Rechenregeln		Spezielle Potenzreihen		Taylor z. Fehlerabschätzung	
Definition/Graph		Geometrische Anschauung		Stetigkeit		Integralrechnung	
Ganzrationale Funktionen		Polardarstellung		Definition		Einführung	
Wurzelfunktionen		Wurzeln/Fundamentalsatz		Links-/Rechts. Stetigkeit		Definition/Eigenschaften	
Faktorisieren		Folgen		Stetigkeit bei Potenzreihen		Stammfunktion u.d. HDI	
Gebrochen-rat. Funktionen		Reelle Folgen		Grenzwerte v. Funktionen		Uneigentliche Integrale	
Trigonometrie im Dreieck		Konvergenz		Divergenz		Anwendungen der IR	
Grad-/Bogenmaß		Grenzwertregeln/-sätze		Sätze zur Stetigkeit		Part. Integration/Substit.	
Sin/Cos/Tan i. Einheitskreis		Konvergenzkriterien		Bisektionsverfahren		Partialbruchzerlegung	
Sin-, Cos-, Tan-Funktion						Anwendungen	

Abb. 2: Kategorisierung der mathematischen Inhalte aus Sicht der Anwender/innen

Vergleicht man den vorliegenden Studienkatalog mit dem Katalog MaLeMINT (Neumann u. a. 2017), der diejenigen Lerninhalte auflistet, die bei Studienbeginn vorausgesetzt werden, so fällt auf, dass grundlegendere Inhalte, die aus der Schule (und möglichem Vorkurs) bekannt sein sollten, von den Anwender/innen als (sehr) wichtig klassifiziert werden. Auch in den Freitextkommentaren findet sich gehäuft, dass die größten Probleme mit diesen Gebieten (Grundlagen, Funktionen, Differentialrechnung, Integralrechnung) einhergehen. Da diese Inhalte von den Anwender/innen als wichtig angegeben werden, können fehlende Lernvoraussetzungen diesbezüglich nicht nur zu Hürden in der Mathematik führen, sondern auch in den Anwendungsmodulen. Laut Befragten sollten die grundlegenden Inhalte auch im Rahmen der Hochschulmathematik wiederholt und mit konkreter Anwendung vernetzt werden, statt sie als Lernvoraussetzung abzustempeln.

Erste Auswertungen bzgl. einer Differenzierung nach Ingenieursfachgebiet zeigen zum Beispiel, dass Inhalte zu den komplexen Zahlen für die Anwendung Studierender des Bauingenieurwesens weniger relevant zu sein scheinen als bei Studierenden der Elektrotechnik und des Maschinenbaus: Rund 55% der Befragten aus den Anwendungsmodulen des Bauingenieurwesens halten die Inhalte zu komplexen Zahlen für eher unwichtig oder sogar gar nicht wichtig. Dem gegenüber halten Elektrotechniker/innen eben jene Inhalte zu über 90% für eher wichtig oder

sogar sehr wichtig. Auch die Breite der mathematisch relevanten Inhalte scheint insbesondere in der Elektrotechnik ausgeprägter.

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse noch vorläufig sind und erweitert und ergänzt werden. Ebenso anzumerken ist, dass die Auswahl der Inhalte vom Studienautor vorgegeben wurden sowie die Teilnahme an der Befragung insbesondere von der engagierten Gruppe der Lehrenden ausgehen könnte.

Ausblick

Eine Differenzierung der mathematisch relevanten Inhalte nach Hochschultyp und Fachgebiet wird noch genauer betrachtet. Dieses Wissen ist relevant, wenn der Zielgruppe entsprechend Curricula sowie anwendungsbezogene Kurse entwickelt werden sollen. Weiteres Ziel soll neben der Auswertung bei eben genannter Differenzierung das Erstellen von Anforderungskatalogen sein, die den Mathematiklehrenden eine Orientierung geben können. Zudem sollen jedem relevanten mathematischen Inhalt Anwendungsgebiete zugeordnet werden, damit Mathematiklehrkräfte diese Unterlagen zur Entwicklung und Integration von Anwendungssituationen in ihren Lehrveranstaltungen nutzen können. In Rooch (2012) sowie Wolf (2016) finden sich bereits erste Ansätze, wie der Praxis- sowie Anwendungsbezug in der Höheren Mathematik für Ingenieure verbessert werden kann. Als Konsequenz der Studie und des Projekts MatheKingS sollen auch verschiedene Szenarien und Methoden thematisiert werden, mit denen der Anwendungsbezug und/oder der motivierende Charakter ingenieurmathematischer Lehrveranstaltungen gesteigert werden kann. Dies soll zur Einsicht der Relevanz der mathematischen Bildung für Ingenieurstudierende in der Studieneingangsphase beitragen sowie die Motivation der Studierenden stärken.

Literatur

- Alpers, B. (2013). A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. A Report of the Mathematics Working Group. SEFI. Brüssel
- Heublein, U., u. a. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Hannover: DZHW
- Heublein, U., u. a. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland (DZHW Brief 3|2020). Hannover: DZHW
- Neumann, I., u. a. (2017). Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium? IPN <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-mathematik/forschung-und-projekte/malemint/malemint-studie> (29.12.2020)
- Rooch, A., u. a. (2012). Brauchen Ingenieure Mathematik? RU Bochum: https://www.ruhr-uni-bochum.de/imperia/md/content/mathematik/lehrstuhlxii/rooch_haerterich_kiss_brauchen_ingenieure_mathematik_preprint.pdf (29.12.2020)
- Wolf, P. (2016). Anwendungsorientierte Aufgaben für Mathematikveranstaltungen der Ingenieurstudiengänge. Konzeptgeleitete Entwicklung und Erprobung am Beispiel des Maschinenbaustudiengangs im ersten Semester. Wiesbaden: Springer Spektrum