

Studiengangsdokumentation

Bachelorstudiengang

Maschinenwesen

Teil A

School of Engineering and Design, Maschinenwesen
Technische Universität München

Allgemeines

- Organisatorische Zuordnung: School of Engineering and Design, Maschinenwesen
- Bezeichnung: Maschinenwesen
- Abschluss: Bachelor of Science (B.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 6 Fachsemester und 180 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: Eignungsfeststellungsverfahren (EFV - Bachelor)
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2017/2018
- Sprache: Deutsch
- Hauptstandort: Garching
- Studiengangverantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Veit Senner (Academic Program Director)
- Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument:
Dr. Ingrid Mayershofer
E-Mailadresse: ingrid.mayershofer@tum.de
Telefonnummer: 089-289-15020
- Stand vom: 26.01.2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Studiengangsziele | 4 |
| 1.1 | Zweck des Studiengangs | 4 |
| 1.2 | Strategische Bedeutung des Studiengangs | 5 |
| 2 | Qualifikationsprofil | 7 |
| 3 | Zielgruppen | 10 |
| 3.1 | Adressatenkreis | 10 |
| 3.2 | Vorkenntnisse | 10 |
| 3.3 | Zielzahlen | 11 |
| 4 | Bedarfsanalyse | 12 |
| 5 | Wettbewerbsanalyse | 14 |
| 5.1 | Externe Wettbewerbsanalyse | 14 |
| 5.2 | Interne Wettbewerbsanalyse | 15 |
| 6 | Aufbau des Studiengangs | 16 |
| 7 | Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten | 26 |
| 8 | Entwicklungen im Studiengang | 28 |

1 Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

In den Industrienationen ist die Wirtschaft innovationsgetrieben. Zentraler Innovationsmotor in Deutschland ist der Maschinen- und Anlagenbau. Er arbeitet an technischen Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft. Exemplarisch seien hier genannt: abgasärmere Fahrzeuge, effizientere Produktionswege, Produkte für die alternde Gesellschaft. Engagierte und fachlich versierte Ingenieurinnen und Ingenieure spielen bei der Suche nach innovativen technischen Lösungen eine Schlüsselrolle. Diese Fachleute fundiert interdisziplinär auszubilden und sie dadurch in die Lage zu versetzen, passgenaue Lösungen für nahezu jede technische Anforderung zu erarbeiten, ist das übergeordnete Ziel des Maschinenwesen-Studiums.

Generell hat sich der Fachbereich Maschinenwesen an der School of Engineering and Design zum Ziel gesetzt, seine Bachelor-Studierenden sowohl im Hinblick auf eine wissenschaftliche Forschungskompetenz als auch berufsbezogen und anwendungsorientiert auszubilden. Dies beinhaltet die Diskussion gegenwärtiger Forschungsfragen mit ihren methodischen Zugängen sowie das Nachdenken über Möglichkeiten und Grenzen des eigenen Tuns ebenso wie die Kompetenz, Projekte im Team professionell zu planen und gemeinsam durchzuführen.

Mit dem Bachelorstudiengang Maschinenwesen sollen naturwissenschaftlich–technisch interessierte und geeignete Studierende die Möglichkeit haben, die grundlegende Methoden- und Fachkompetenz eines Bachelor of Science im Maschinenbau zu erwerben. Diese beinhaltet vor allem ein grundlegendes natur- und ingenieurwissenschaftliches Fachwissen in Breite und Tiefe, die Kompetenz, fundiert wissenschaftliche Methoden anzuwenden, Forschungsbefähigung, Fähigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit und zur Projektarbeit im Team sowie Praxisbefähigung. Letztere zeigt sich vor allem in der Befähigung, in den verschiedensten Bereichen der produzierenden Industrie erfolgreich die Brücke zwischen der Forschung und Entwicklung einerseits und der Produktion andererseits schlagen zu können. Außerdem werden im Bachelorstudium die Grundlagen dafür gelegt, sich spezialisiert in einem Masterstudiengang des Maschinenbaus oder angrenzender Fachgebiete weiter zu bilden.

Die Studierenden lernen darüber hinaus, technische Lösungen unter den Gesichtspunkten ihrer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit sowie ihrer gesellschaftlichen und ökologischen Implikationen zu reflektieren. Unsere Absolventinnen und Absolventen sind demnach befähigt, Aufgaben in den maschinenbautechnischen Anwendungsgebieten unter Berücksichtigung der technischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Rahmenbedingungen erfolgreich zu bewältigen. Ein weiteres Ziel ist die Ausbildung und Förderung der sozialen Kompetenz sowie die Persönlichkeitsentwicklung.

Aus den beschriebenen Anforderungen resultiert, dass der Bachelorstudiengang Maschinenwesen zum einen den zunehmenden Bedarf an interdisziplinärer Ausbildung abdecken muss, zum anderen, dass – wie von der Industrie gefordert –, die Teamfähigkeit bei der inhaltlichen Zusammenarbeit in einem Projekt nicht nur in der Theorie gelehrt sondern auch praktisch trainiert wird. Beides ermöglicht der Bachelorstudiengang Maschinenwesen.

Erstmals wird in diesem Studiengang grundlegendes theoretisches Wissen in den Bereichen wahrscheinlichkeitsbasierte Modellierung und Datenverarbeitung im Kontext des

Maschinenwesens vermittelt. Ferner wird die sichere Handhabung von Softwarewerkzeugen wie MATLAB, Simulink, CAD, CAE und PDM gelehrt, die in nahezu allen Gebieten des Maschinenbaus in Forschung und Industrie eingesetzt werden.

Um das erlernte Methoden- und Modellwissen im Rahmen einer Teamprojektarbeit praktisch anzuwenden und zu vertiefen, wurde ein Projektseminar eingeführt (etwa 20 unterschiedliche Projekte pro Studienjahr im Angebot), welches nicht nur maschinenbautechnische Fachkompetenzen sondern auch die dazu nötigen Soft Skills in Theorie und Praxis vermittelt. Das Projektseminar kann alternativ zum bisher verpflichtend vorgeschriebenen Ingenieurpraktikum absolviert werden.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Bachelorstudiengang Maschinenwesen ist einer der zentralen grundständigen ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge, der auf zahlreiche Ingenieurberufe in den Feldern Gesundheit und Ernährung, Energie und Rohstoffe, Umwelt und Klima, Information und Kommunikation sowie Mobilität und Infrastruktur vorbereitet, welchen sich die TUM als Ganzes verschrieben hat. Ihm kommt deshalb bei der Ausbildung künftiger Generationen von Ingenieurinnen und Ingenieuren eine Schlüsselfunktion zu.

Dem trägt auch die Lehrstrategie im Maschinenwesen Rechnung, die hinsichtlich des Curriculums insbesondere vorsieht, dass es

- durch Lehrende und Lernende gemeinsam gestaltet und weiterentwickelt wird,
- die Studierenden sowohl in fachlicher als auch persönlicher Hinsicht reifen lässt, ihr wissenschaftliches Denken und Arbeiten fördert und ihre Befähigung zu interdisziplinärer Zusammenarbeit in Projekten stärkt,
- problembezogen, fächerübergreifend sowie anwendungsorientiert angelegt ist.

Diesen Ansprüchen wird der Bachelorstudiengang gerecht. Das Curriculum ist durch Lehrende und Lernende gemeinsam gestaltet und entwickelt worden. Im Zentrum der Ausbildung steht zunächst der Erwerb eines fundierten Grundwissens in den Bereichen Mathematik, Mechanik und den Naturwissenschaften, das im Folgenden mit dem Basiswissen in maschinenbaueigenen Themen wie Werkstoffkunde oder Maschinenelemente verbunden und vertieft wird. Fachübergreifende sowie anwendungsbezogene Module im 5. und 6. Semester runden das Profil ab. Die persönliche Entwicklung wird durch die Lehr- und Lernmethoden in den Fachmodulen (u.a. Projektarbeit) sowie ergänzend über Soft Skills-Angebote gefördert.

In Bezug auf die Ausbildung im Maschinenbau sieht sich das TUM-Maschinenwesen mit an der Spitze der einschlägigen deutschen Fakultäten und Fachbereiche. Interdisziplinäre Studiengänge wie der Bachelorstudiengang Ingenieurwissenschaften mit der Universität Salzburg und die Mitgliedschaft im Doppeldiplomprogramm „T.I.M.E“, das mit renommierten Partnern wie der École Centrale Paris, der Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid und der Kungliga Tekniska Högskolan in Stockholm durchgeführt wird, tragen zur Internationalisierung der Lehre wesentlich bei. Der Anteil internationaler Studierender beläuft sich aktuell auf 31 Prozent unter den Bachelorstudierenden, Tendenz steigend (Stand WiSe 2021/22, https://portal.mytum.de/iuk/bw/studenten/tum_std.html, Zugriff am 29.11.2021). Der Studiengang ist also auch für internationale Studierende in hohem Maße attraktiv.

Die Verbindung von Lehre und Forschung ist das Fundament der akademischen Ausbildung im TUM-Maschinenwesen. Alle Professorinnen und Professoren sind ausgewiesene Expertinnen und Experten auf ihren Gebieten und leiten richtungsweisende Forschungsprojekte im nationalen und internationalen Umfeld. Vielfach werden Forschungsprojekte in enger Kooperation mit der Industrie durchgeführt. Aktuelle Forschungsergebnisse werden in die Lehre zurückgespiegelt, und unsere Studierenden erhalten die Möglichkeit, in vielfältiger Weise an Projekten mitzuwirken. Die Verknüpfung von Forschung und Lehre zeigt sich auch auf der Ebene des Bachelorstudiengangs durch eine besondere Betonung von forschungsorientierten Ansätzen und eigenständigen studentischen Forschungsleistungen etwa im Projektpraktikum und in der Bachelor's Thesis.

2 Qualifikationsprofil

Durch eine forschungsorientierte und praxisbezogene Ausrichtung des insgesamt sechssemestrigen Studiums werden die Absolventinnen und Absolventen des Bachelorstudiengangs Maschinenwesen auf ein lebenslanges Lernen und einen Einsatz in typischen Berufsfeldern des Maschinenbaus in der Industrie, dem Dienstleistungssektor und dem öffentlichen Bereich vorbereitet. Ferner erwerben sich die Absolventinnen und Absolventen die wissenschaftliche Qualifikation für den Einstieg in einen Masterstudiengang des Maschinenwesens oder verwandter Studienrichtungen.

Wissen und Verstehen

Im grundlagenorientierten Teil des Studiums werden die Studierenden zunächst in die klassischen Naturwissenschaften Physik und Chemie sowie in die Mathematik und die Technische Elektrizitätslehre eingeführt. Zentral ist hierbei, ein Verständnis der wesentlichen Grundkonzepte der jeweiligen Disziplin zu erreichen, so dass die Studierenden selbständig in der Lage sind, entsprechende Prozesse sowohl qualitativ als auch mathematisch-quantitativ zu beschreiben und Gesetze beziehungsweise Formeln auf definierte Problemstellungen anzuwenden.

Ergänzt und ausgebaut wird dies durch maschinenbauspezifische Grundlagenfächer wie Technische Mechanik, Maschinzeichnen, Maschinenelemente, Produktionstechnik sowie die Informationstechnik. Anhand der Technischen Mechanik wird den Studierenden die Fähigkeit vermittelt, zunächst auf abstrakt mathematischem Niveau mechanische Fragestellungen in ingenieurwissenschaftlichen Problemen selbstständig zu formulieren und zu lösen. Im Rahmen der Grundlagen Maschinzeichnen und Maschinenelemente werden diese Kenntnisse nun auf komplexe Technische Zeichnungen übertragen, so dass die Studierenden in der Lage sind, Lösungen für eine fertigungs-, belastungs- und montagegerechte Konstruktion von Bauteilen zu erarbeiten, passende Maschinenelemente auszuwählen und auszulegen sowie mittels CAD-Systemen darzustellen. In der Einführung in die Produktionstechnik werden die grundlegenden Zusammenhänge von Fertigungsverfahren entlang einer Produktionslinie gelehrt. Neben der Vermittlung von elementaren Grundlagen der Informationstechnik (z. B. Rechnerarchitektur) sind die Studierenden ferner fähig, Echtzeitsysteme für vorgegebene Steuerungssysteme zu bestimmen und zu analysieren sowie in der Programmiersprache C den zugehörigen Programmcode zu entwerfen. Übergeordnet wird auf Basis der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Fähigkeit ausgebildet, ingenieurwissenschaftliche Probleme unter Berücksichtigung von Unschärfen zu modellieren.

Abgeschlossen wird das Grundlagenstudium durch die Module Werkstoffkunde, Regelungstechnik, Fluidmechanik sowie Thermodynamik und Wärmetransport. Hier lernen die Studierenden unter Rückgriff auf das im ersten Studienjahr Erarbeitete, anhand konkreter Materialanforderungen eine Vorauswahl an geeigneten Werkstoffen zu treffen sowie definierte Werkstoffeigenschaften zu entwickeln. Darüber hinaus verstehen die Studierenden des Studiengangs nun, eine Maschine als thermodynamisches System zu beschreiben und können das System im Hinblick auf die dort stattfindende Wärmeübertragung analysieren sowie bewerten. Sie besitzen ferner die Fähigkeit zur Analyse technischer Strömungen und haben ein phänomenologisches Verständnis der Effekte von Reibung und Turbulenz entwickelt. Fähigkeiten zur Beschreibung, Analyse und Auslegung dynamischer aktiv beeinflusster Systeme werden in der Regelungstechnik intensiv geschult. Mit

diesen fundierten Kenntnissen bezüglich der wissenschaftlichen Prinzipien, Theorien und Methoden sind die Studierenden in der Lage, spezifizierte Probleme des Maschinenbaus mit eindeutigem Lösungsweg erfolgreich zu bearbeiten.

Anwendung

Ingenieurwissenschaftliche Modelle und Methoden werden in der beruflichen Praxis zwar nach wie vor mittels klassischer Programmiersprachen umgesetzt. Zunehmend kommen aber auch Softwarewerkzeuge zum Einsatz, die eine anwendungsnahe Modellierung von technischen Aufgabenstellungen gezielt unterstützen. Im übergeordneten Sinne sind hier Geometrie-Softwaretools, Bibliotheken zur numerischen Mathematik, datenflussgesteuerte Simulationssysteme sowie die signalgesteuerte Automaten simulation als Beispiele zu nennen. Im fachübergreifenden Modul „Mathematische Tools“ werden die Grundlagen all dieser Systeme vermittelt. Studierende sind nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls in der Lage, ingenieurtechnische Aufgabenstellungen zu einem mathematischen Problem zu abstrahieren und hierzu den geeigneten Lösungsweg samt Diskretisierungsansatz und Auswahl numerischer Verfahren zu finden.

Die Befähigung zur interdisziplinären Projektarbeit im Team, ein wesentlicher Baustein für die Berufsbefähigung unserer Bachelorabsolventinnen und -absolventen, wird im Studiengang auf zwei Weisen gestärkt. Im Rahmen des verpflichtenden Projekts „connectTUM“ entwickeln die Studierenden ab dem 1. Fachsemester ein Bewusstsein für das Zusammenwirken mechanischer und elektr(on)ischer Komponenten, Sensoren, Software und Steuergeräten und erarbeiten in Teams Lösungsansätze für Teilaspekte des Projekts (siehe hierzu auch: <https://reisswolf.fsmb.de/?p=961>, Zugriff am 02.12.2021).

Auch im Projektseminar wird der gelernte Stoff auf ein Produkt im Entwicklungs-, Konstruktions-, Fertigungs- und/oder QM-Prozess angewendet. Die Studierenden werden dabei unter Anleitung in die Lage versetzt, die Grundlagen mit den dafür fachlich notwendigen Einzeldisziplinen zu verbinden und neuartige, disziplinübergreifende Lösungsansätze bis hin zum fertigen Produkt aufzuzeigen.

Mit Hilfe der Bachelor- und Ergänzungswahlmodule sowie der Bachelorarbeit wird sowohl die branchenspezifische als auch fachdisziplinübergreifende Problemlösungs- und Synthesekompetenz technischer Systeme entwickelt. Bei den branchenspezifischen Schwerpunkten sind vor allem die Fahrzeugtechnik, die Luft- und Raumfahrt, die Medizintechnik sowie die Energietechnik zu nennen.

Fachdisziplinübergreifend seien beispielhaft die Mechatronik, die Verfahrenstechnik sowie die Produktion und Logistik genannt. Das Modul „Bachelor’s Thesis“ umfasst neben der wissenschaftlichen Ausarbeitung einen Kurs zum wissenschaftlichen Arbeiten, der die Studierenden gezielt im Recherche- und Schreibprozess unterstützt.

Fähigkeiten

Mittels der verwendeten Lehrformen und -inhalte erwerben Studierende die grundlegenden Fähigkeiten zum Erlernen und eigenständigen Erarbeiten von weiteren Methoden und Zusammenhängen, insbesondere auch als Grundlage für die Forschung und Entwicklung in den stark interdisziplinär geprägten Ingenieursanwendungen. Durch die in den naturwissenschaftlichen und technischen Modulen erlangten interdisziplinären Kompetenzen und durch die begleitende

Einarbeitung in den problemangepassten Einsatz von relevanten Softwarewerkzeugen sowie die Umsetzung des Erlernten in einem überschaubaren Abschnitt des Produktentwicklungs- und Produktionszyklus, entsteht ein neues, disziplinen- und branchenübergreifendes Kompetenzprofil, bei dem die methodische Durchdringung aller Inhalte betont wird. Absolventinnen und Absolventen können die im Bachelor gelehrt Modelle und Vorhersagen hinsichtlich Plausibilität überprüfen und hinsichtlich physikalischer und modellierungsbedingter Unschärfen bewerten. Sie sind fähig zur Ableitung physikalisch-mathematischer Modelle und zur Erstellung geeigneter Simulationen.

Nach dem Absolvieren des Projektseminars und mit Unterstützung durch das Seminar „Wissenschaftlich Arbeiten“ haben die Studierenden die Fähigkeit erworben, mit einem gewissen Grad an Eigenständigkeit wissenschaftlich zu arbeiten und können unter Anleitung die Fragestellung für ihre Bachelor's Thesis herausarbeiten und einer Lösung zuführen. Dadurch sind die Absolventinnen und Absolventen auf die typische dreistufige Forschungsarbeit im Master vorbereitet: (i) Vorarbeiten, (ii) Projektformulierung, (iii) Projektbearbeitung. Darüber hinaus sind sie in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse und Zusammenhänge darzustellen, zu diskutieren und zu verteidigen, sowie Projektberichte schriftlich und mündlich zu erstellen.

3 Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Da es sich beim Bachelorstudiengang Maschinenwesen um ein klassisches und etabliertes grundständiges Studium im Maschinenbau handelt, sind Abiturientinnen und Abiturienten sowie beruflich Qualifizierte der gewünschte Adressatenkreis. Studienbewerberinnen und -bewerber müssen über eine geeignete Hochschulzugangsberechtigung beziehungsweise eine entsprechende berufliche Qualifikation verfügen und sollten ein vertieftes Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen und deren ingenieurwissenschaftlich fundierter Lösung mitbringen. Neben den nationalen sind auch internationale Bewerberinnen und Bewerber willkommen, sofern sie über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen.

3.2 Vorkenntnisse

Erwartet wird ein grundlegendes Verständnis für naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge. In der Schule kann sich dies durch eine Schwerpunktsetzung in den Fächern Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Informatik beziehungsweise Natur und Technik äußern und sollte durch überdurchschnittliche Noten in diesen Fächern belegt sein. Dies wird im Rahmen des Eignungsfeststellungsverfahrens überprüft, das sich als sinnvolles Auswahlinstrument bewährt hat.

Von den Bachelorbewerberinnen und -bewerbern wird erwartet, dass sie auf gymnasialem Niveau in der Lage sind, die methodisch unterschiedlichen Fächerkulturen der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik zu verstehen und interdisziplinär zu denken. Dies ist ein notwendiger Ausgangspunkt für die erfolgreiche Fortführung der Naturwissenschaften und der Mathematik in den ersten beiden Semestern sowie Grundlage für die dann folgenden Maschinenbaumodule. Bewerberinnen und Bewerber sollte zudem bewusst sein, dass sie sich mit der TUM für eine Universität entschieden haben, die im Maschinenbau großen Wert auf die Vermittlung von theoretischen Zusammenhängen und Modellen legt. Insofern sollten sie Interesse am aktiven und eigenständigen Erlernen und Erarbeiten unterschiedlichster ingenieur- und naturwissenschaftlicher Theorien besitzen und sich damit auch bewusst gegen eine University of Applied Sciences mit ihrem reaktiven Lehr- und Lernmodell entschieden haben.

Darüber hinaus müssen alle Bewerberinnen und Bewerber ein 8-wöchiges Vorpraktikum in der Fertigung gemäß den Vorgaben der Richtlinie zum Industriepraktikum (siehe FPSO, Anlage 2) abgeleistet haben, bevor sie ihr Studium aufnehmen. In begründeten Ausnahmefällen ist eine Stundung des Praktikums bzw. eines Teils des Praktikums möglich.

„Das Fertigungspraktikum“, so die Richtlinie, „dient der Einführung in die industrielle Fertigung und damit dem Vermitteln unerlässlicher Elementarkenntnisse. Der Praktikant/die Praktikantin soll unter der Anleitung fachlicher Betreuerinnen oder Betreuer die Werkstoffe in ihrer Be- und Verarbeitbarkeit kennenlernen und einen Überblick über die Fertigungseinrichtungen und -verfahren erlangen. Auch soll der Praktikant/die Praktikantin Einblicke in die Qualitätssicherung und Prüfung erhalten.“ (Richtlinie zum Industriepraktikum, S. 1). Im Rahmen des Vorpraktikums gewinnen die Praktikantinnen und Praktikanten zudem erste Einblicke in das soziale Gefüge eines Maschinenbauunternehmens; Einblicke, die für spätere Praktika sowie die berufliche Tätigkeit als Ingenieurin oder Ingenieur nützlich sind.

Mit dem verpflichtend vorgeschriebenen Vorpraktikum wird zudem eine Übereinkunft umgesetzt, die im Rahmen des Fakultätentags für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (https://www.ftmv.de/wp-content/uploads/2016/12/FTMV-Rahmen-Empfehlung_Praktikum_Maschbau_Verfahrenstechnik.pdf , Zugriff am 05.11.2021) getroffen wurde. Auf die Bedeutung des Fakultätentags im Zusammenhang mit der Ausgestaltung des Curriculums wird im Folgenden noch näher eingegangen (siehe Kapitel 5.1).

3.3 Zielzahlen

In den letzten vier Kohorten (WS 17/18: 521, WS 18/19: 476, WS 19/20: 532, WS 20/21: 515, WS 21/22: 459) nahmen jeweils rund 500 Erstsemester-Studierende ihr Studium im Bachelorstudiengang Maschinenwesen auf. Für den Studiengang wird eine Anfänger*innenzahl von ca. 550 Studierenden pro Jahrgang angestrebt. Die Regelstudienzeit beträgt sechs Semester, ein Studienbeginn ist ausschließlich im Wintersemester möglich. Mit 550 Studierenden pro Jahrgang kann ein angemessenes Betreuungsverhältnis zwischen Lehrenden einerseits und Studierenden andererseits – insbesondere für die Kleingruppenübungen – gewährleistet werden.

4 Bedarfsanalyse

In den Ingenieurberufen liegt in Deutschland die Nachfrage nach geeignet qualifizierten Arbeitskräften bereits seit vielen Jahren höher als die Zahl der verfügbaren Kräfte. Für die nächsten Jahre wird von einem jährlichen Bedarf von 50.000 Ingenieurinnen und Ingenieuren ausgegangen (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154890/umfrage/jaehrlicher-bedarf-an-ingenieuren-in-deutschland-bis-2027/> , Zugriff am 05.11.2021). Neuere Prognosen des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln zum jährlicher Nachfragezuwachs nach ausgebildeten Ingenieuren in Deutschland unter Berücksichtigung ausgewählter Szenarien bis zum Jahr 2029 gehen davon aus, dass ein durchschnittlicher Ingenieurmangel von 27.800 Ingenieuren pro Jahr entstehen wird, wenn der gesamtwirtschaftliche Zusatzbedarf um fünf Prozent zunehmen sollte. Im Jahr 2029 würde dann eine Unterdeckung an Ingenieurinnen und Ingenieuren von 389.200 bestehen (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/420349/umfrage/prognostizierter-jaehrlicher-nachfragezuwachs-nach-ausgebildeten-ingenieuren/> , Zugriff am 29.11.2021).

Der TUM-Bachelorstudiengang Maschinenwesen bildet genau für diesen nachfragestarken Arbeitsmarkt aus. Aufgrund der vorhandenen Schwerpunkte an der School of Engineering and Design bzw. im Bachelorstudium sind für die Absolventinnen und Absolventen alle klassischen Ingenieur-Berufsfelder im Rahmen eines Produktentwicklungs- und Produktionszyklus (z. B. Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Qualitätsmanagement) als Berufsfelder denkbar. Ein Berufseinstieg kann aufgrund der branchenspezifischen Schwerpunkte an der School insbesondere in folgenden Bereichen erfolgen:

- Automotive
- Energie- und Prozesstechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Mechatronik und Robotik
- Medizintechnik und Assistenzsysteme
- Produktionstechnik und technische Logistik

Betrachtet man jedoch die Zahlen, wie viele unserer eigenen Bachelorabsolventinnen und -absolventen als Erstmatrikulierte in unsere Masterstudiengänge übertreten, so erkennt man, dass im Mittel etwa 79 % aller Absolventinnen und Absolventen bestrebt sind, im Anschluss an ihr Bachelorstudium ein Masterstudium in einer Studienrichtung des Maschinenwesens zu beginnen (Quelle: TUM, HR 1, 11/2021). Betrachtet man zusätzlich Wechslerinnen und Wechsler an andere Fakultäten bzw. Schools der TUM (z. B. School of Management, Elektrotechnik und Informationstechnik) fallen die Zahlen noch deutlich höher aus.

| | Prüfungssemester | | | |
|---|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | SoSe 2019 | WiSe 2019/20 | SoSe 2020 | WiSe 2020/21 |
| Absolvent*innen TUM BSc Maschinenwesen (17400) | 233 | 159 | 172 | 184 |
| von diesen Absolvent*innen immatrikulierten sich in den Semestern: WiSe 2018/19 - WiSe 2021/22 in Masterstudiengängen an der TUM | 94% | 94% | 96% | 97% |
| | | | | |
| Verteilung dieser immatrikulierten Absolvent*innen in den Masterstudiengängen | SoSe 2019 | WiSe 2019/20 | SoSe 2020 | WiSe 2020/21 |
| Masterstudiengänge im MW | 85% | 73% | 76% | 82% |
| Masterstudiengänge der heutigen ED (ohne MW) | 9% | 18% | 18% | 13% |
| andere Masterstudiengänge an der TUM | 6% | 9% | 7% | 5% |

Abb. 1: Übertrittshäufigkeit der Bachelorabsolvent*innen MW in Masterstudiengänge an der TUM

Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass weit über 90% aller Absolventinnen und Absolventen im Bachelorstudiengang Maschinenwesen ausgebildet werden, um ein weiterführendes wissenschafts- und grundlagenorientiertes, interdisziplinäres Ingenieurstudium an oder außerhalb der TUM aufzunehmen. Das Maschinenwesen an der TUM School of Engineering and Design arbeitet somit in erster Linie an der Deckung des Bedarfs an wissenschaftlichem Nachwuchs auf Masterniveau für den Wirtschafts- und Technologiestandort Deutschland.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

In Deutschland gibt es auf den ersten Blick ein gewaltiges Angebot an Maschinenbaustudiengängen. Zieht man zum Beispiel die offizielle Studiengangdatenbank der Hochschulrektorenkonferenz, den Hochschulkompass, zu Rate (<https://www.hochschulkompass.de/home.html>, Zugriff am 05.11.2021), erhält man bei Eingabe des Suchbegriffs „Maschinenbau“ 870 Treffer angezeigt. Diese sind an unterschiedlichen Hochschularten verortet und umfassen ein weites Feld an Studienformen für unterschiedlichste Bedürfnisse.

Universitäre Bachelorstudiengänge im Maschinenbau, die gemeinsamen Qualitätsstandards folgen, existieren derzeit an 31 Universitäten in Deutschland und Österreich. Diese Universitäten sind im „Fakultätentag für Maschinenbau und Verfahrenstechnik“ organisiert und haben sich auf einen „Qualifikationsrahmen für Studiengänge und Promotionen im Maschinenbau“ verständigt (<https://www.ftmv.de/wp-content/uploads/2019/07/FTMV-Qualifikationsrahmen.pdf>, Zugriff am 05.11.2021), in dem der curriculare Rahmen für einen Bachelorstudiengang im Maschinenbau abgesteckt ist. Die letzte Aktualisierung erfolgte 2018.

Die Fakultäten und Fachgebiete melden in der Regel einmal jährlich, inwieweit ihr Studiengang dem Rahmencurriculum entspricht. Es scheint daher angemessen, den Bachelorstudiengang Maschinenwesen der TUM in Relation zum Qualifikationsrahmen zu setzen, um Aussagen über seine Spezifika im Verhältnis zum übrigen Bachelorstudienangebot der Fakultätentagsuniversitäten in Deutschland und Teilen Österreichs zu treffen.

Insbesondere in den Fächergruppen Mathematik/Naturwissenschaften und studentische Projekte liegt der TUM-Bachelorstudiengang deutlich über dem Erwartungsrahmen an einen sechssemestrigen Maschinenbau-Bachelorstudiengang. Mit der Einführung der Pflichtmodule „Mathematische Tools“, „Modellierung von Unsicherheiten und Daten im Maschinenwesen“ und einer mehrwöchigen Projektarbeit wurde das etablierte Lehrportfolio entscheidend erweitert. Zum einen kamen stochastische Verfahren sowie Softwarewerkzeuge hinzu, zum anderen gehen die Studierenden im Projektseminar typisch ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen aus dem Produktentwicklungs- und Produktionsprozess anhand realer Projekte nach. Durch diese Kombination erhält der TUM Bachelor Maschinenwesen deutschlandweit ein Alleinstellungsmerkmal.

Auch international sind bei den uns geographisch nahe gelegenen Maschinenbaufakultäten (Linz, Wien, Leoben, Graz, Zürich) keine vergleichbaren Module in dieser Kombination zu finden. Allenfalls die ETH Zürich bietet ein vergleichbares Projektpraktikum an, dort „Fokusprojekt“ genannt. Es beschränkt sich inhaltlich jedoch auf den Entwicklungsprozess. An der TU Wien ist im 4. Semester des Bachelorstudiums lediglich eine klassische, mathematisch geprägte Stochastik-Vorlesung zu finden.

Ungeachtet der inhaltlichen Bewertung stehen die vorhandenen Bachelorstudienprogramme im Maschinenwesen/Maschinenbau weder national noch international aufgrund des gegebenen Bedarfs (siehe Kapitel 4) in unmittelbarer Konkurrenz.

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Als interner vergleichbarer Studiengang kommt lediglich der Bachelorstudiengang Ingenieurwissenschaften an der TUM School of Engineering and Design in Betracht. Dieser ist allerdings inhaltlich grundlegend anders strukturiert, da er sich an Studienbewerberinnen und -bewerber richtet, die ein breit angelegtes ingenieurwissenschaftliches Grundlagenstudium suchen, ohne sich zu Studienbeginn auf eines der herkömmlichen Ingenieurfächer festzulegen. Durch dieses Studienangebot sollen in hohem Maße interdisziplinär interessierte Studierende gewonnen werden, die an den Schnittstellen der klassischen technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen studieren, forschen und arbeiten wollen. Demzufolge ist die Anzahl der zu absolvierenden Module in den Bereichen Mathematik, Informationstechnik und Elektrotechnik im TUM-Studiengang Ingenieurwissenschaften vergleichsweise hoch und steht in keiner unmittelbaren Relation zum Maschinenbau-Curriculum.

Der Bachelorstudiengang Ingenieurwissenschaften (joint degree mit der Universität Salzburg) richtet sich in erster Linie an Bewerberinnen und Bewerber, die sich für ein ingenieurwissenschaftlich akzentuiertes naturwissenschaftliches Studium interessieren. In den ersten vier Fachsemestern in Salzburg beschäftigen sich die Studierenden ausschließlich mit Mathematik und Naturwissenschaften (Physik, Chemie) mit besonderem Fokus auf Materialwissenschaften. Das anschließende Studienjahr an der TUM dient der Vermittlung ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen. Im siebten Fachsemester widmen sich die Studierenden ihrer Bachelor's Thesis und absolvieren hochschulintern Praktikumsversuche sowie ein externes Industriepraktikum.

6 Aufbau des Studiengangs

Die Regelstudienzeit des Bachelorstudiengangs Maschinenwesen beträgt sechs Semester, ein Studienbeginn ist ausschließlich im Wintersemester möglich. Der Umfang der zu erbringenden Credits beträgt 180, welche modular erbracht werden und sich folgendermaßen aufteilen:

- Pflichtmodule: 125 Credits
- Wahlmodule: 31 Credits
- Projektarbeit: 12 Credits
- Bachelor's Thesis: 12 Credits

Jedes Semester sollen 30 Credits erlangt werden. Die Unterrichts- und Prüfungssprachen sind Deutsch und Englisch, wobei letztere nur im Wahlbereich der Bachelor- und Ergänzungsmodule, im Projektseminar sowie in der Bachelor's Thesis zulässig ist. Der Bachelor ist durchgängig auf Deutsch studierbar. In den Wahlbereich „Bachelormodule“ finden Module aus zwei weiteren Fakultäten bzw. Schools der TUM (School of Management und Fakultät für Chemie) Eingang, im Pflichtbereich sind es Module aus den Fakultäten für Mathematik, Physik und Chemie.

Die klassische Lehrform ist – sofern nicht anders angegeben – eine Vorlesung mit einer daran anschließenden Zentralübung. Kleingruppenübungen zur vertiefenden Einübung des Stoffes werden in CAD und Maschinzeichnen, Mathematik, Informationstechnik, Technische Mechanik, Thermodynamik und Wärmetransportphänomene, Regelungstechnik, Maschinenelemente, Fluidmechanik sowie Werkstoffkunde angeboten. Teile der Kleingruppenübungen in CAD und Maschinzeichnen sowie Informationstechnik werden als Praktikum angeboten. Die Studierenden erlernen dabei die Handhabung von CAD-Programmen bzw. überprüfen ihre selbstgeschriebenen Programmsequenzen und deren Auswirkungen direkt am Rechner. Für die Technische Mechanik und die Maschinenelemente sind auf Grund der Komplexität der Aufgaben noch zusätzliche Sprechstunden eingerichtet, um auf die individuellen Fragen der Studierenden besser eingehen zu können.

1. und 2. Fachsemester

Betrachtet man die ersten beiden Semester des Bachelorstudiengangs (siehe Abb. 2 und Teil B, Kap. 10), so zeigt sich, dass mit Ausnahme der Module „CAD und Maschinzeichnen“ und „Einführung in die Produktionstechnik“ alle Module an klassische Schulfächer anschließen und demzufolge auf schulischen Kenntnissen aufbauen und diese erweitern. Mathematisch werden zunächst lineare Gleichungssysteme, Vektoren und Matrizen wiederholt; in der Analysis werden die wesentlichen Punkte der Differential- und Integralrechnung behandelt. Dies ist einerseits Wiederholung des Schulstoffs, andererseits jedoch auf Grund neuer Notationen und Darstellungsweisen eine „neue Sicht“ auf bekannte mathematische Sachverhalte.

Auch in der Chemie (z. B. Atombau, Bindungen, chemische Reaktionen; Metalle, Nichtmetalle, organische Chemie) und der Physik (z. B. Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik) werden die wesentlichen Themen aus der gymnasialen Oberstufe wiederholt und zusammenfassend dargestellt. Ein zentrales Ziel ist es hierbei, die zu Studienbeginn erfahrungsgemäß sehr heterogenen Kenntnisse und Kompetenzen der Studierenden in Chemie und Physik auf ein

einheitliches Niveau zu bringen. Um dies zu erreichen, werden Modulgrößen von kleiner 5 Credits (Chemie: 3 Credits, Physik: 4 Credits) als ausreichend erachtet.

Parallel dazu werden die Studierenden vertieft in die Elektrizitätslehre und die Technische Mechanik eingeführt. Während sich die Elektrotechnik mit den Grundlagen der Antriebstechnik sowie der Elektronik befasst, werden in der Technischen Mechanik zunächst ruhende Körper in der Statik analysiert. Im Modul Informationstechnik werden die Grundlagen der Elektrotechnik mit denen der Informatik verknüpft und diese in Verbindung mit den Problemen des Maschinen- und Anlagenbaus gesetzt. Zusätzlich werden im ersten und zweiten Semester die Konstruktion und Produktionstechnik als wesentliche Tätigkeitsfelder des Maschinenbaus eingeführt. Dies geschieht über die Module „CAD und Maschinzeichnen“ und „Einführung in die Produktionstechnik“. Nach den ersten beiden Semestern sind die Studierenden in der Lage, eine technische Zeichnung zu erstellen, zu verstehen und zu analysieren sowie mittels eines CAD-Systems selbst zu erstellen. Außerdem verstehen sie grundlegende Schritte einer Produktionslinie, können Fertigungsverfahren charakterisieren und deren Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen, Auswahlkriterien von Qualitätsmanagementsystemen verstehen und Fertigungsverfahren in Bezug auf die Herstellung spezifischer Bauteilgeometrien bewerten. Abgerundet wird dieses erste Semester durch das Modul „Soft Skills im studentischen Umfeld“, in dem die Studierenden im Kleingruppenverband unter der Anleitung von studentischen Tutorinnen und Tutoren lernen, ihren Studienalltag zielführend zu organisieren und in einem großen Studiengang mit derzeit ca. 500 Anfängerinnen und Anfängern pro Wintersemester Fuß zu fassen.

Die Altfakultät für Maschinenwesen hat sich bereits vor vielen Jahren entschieden, vom ersten Semester an verpflichtende Angebote im Bereich „Soft Skills“ in den Studienplan aufzunehmen, denn soziale, methodische und persönliche Kompetenzen sind oft ausschlaggebend dafür, ob eine Absolventin oder ein Absolvent eingestellt wird oder nicht, während fachliche Qualifikation als selbstverständlich vorausgesetzt wird. Das belegt auch die im Mai 2015 veröffentlichte Umfrage „Kompetent und praxisnah – Erwartungen der Wirtschaft an Hochschulabsolventen“ (<https://www.osnabrueck.ihk24.de/blueprint/servlet/resource/blob/3112116/6efb56227215abfeb464d3593a7e8d7f/erwartungen-der-wirtschaft-an-hochschulabsolventen-data.pdf>), Zugriff am 11.11.2021) des Deutschen Industrie- und Handelskammertags (DIHK) in Berlin. Das Umfrageergebnis beruht auf der Auswertung von rund 2.000 Unternehmensantworten.

Dem dort beklagten Mangel an sozialen und persönlichen Kompetenzen versucht die School of Engineering and Design mit maßgeschneiderten Soft Skills-Angeboten zu begegnen. Bei diesen Angeboten handelt es sich nicht um klassische Vorlesungen, sondern um Workshops, bei denen das handlungsorientierte Lernen im Vordergrund steht.

Die Soft Skills werden in fünf Workshops mit einer Gruppenstärke von höchstens 12 Personen mittels selbstaktivierender Methoden trainiert. Behandelt werden Themen aus den Bereichen Lern- und Motivationsstrategien (Methoden zum effektiven Lernen), Zeit- und Projektmanagement (Methoden zur Zeitplanung im studentischen Projekt), Selbst- und Produktpräsentation (Modelle zur Strukturierung von Präsentationen, Techniken zur Visualisierung, Körpersprache) und der effektiven Zusammenarbeit im Projekt. Begleitet werden die Workshops durch ein eLearning zum Selbststudium auf Moodle, sowie einem Lernportfolio zur Dokumentation der Ergebnisse aus dem eLearning.

Für diesen Zweck sieht die School of Engineering and Design den Modulumfang von insgesamt 2 Credits als ausreichend an. Zum einen erreicht man damit die dem Modul zugeordneten Lernergebnisse sowie die Qualifikationsziele des Studiengangs, zum anderen orientieren sich die Veranstaltungen an Industriestandards und sind in dieser Qualität weithin anerkannt.

| Semester | Module | | | | | | | | Credit Points/ Prüfungsanzahl |
|----------|---|---|---|---|--|--|--|---|----------------------------------|
| 1. | Höhere Mathematik I (Pflicht) Prüfung 7 CP | Technische Mechanik I (Pflicht) Prüfung 6 CP | Soft Skills (Pflicht) Studienleistung 2 CP | Physik (Pflicht) Prüfung 4 CP | Chemie (Pflicht) Prüfung 3 CP | CAD & MZ 2 CP | Technische Elektrizitätslehre 3 CP | Informationstechnik 3 CP | 30/4 |
| 2. | Höhere Mathematik II (Pflicht) Prüfung 6 CP | Technische Mechanik II (Pflicht) Prüfung 6 CP | Produktionstechnik (Pflicht) Prüfung 3 CP | Modellierung von Unsicherheiten und Daten (Pflicht) Prüfung 5 CP | | (Pflicht) Prüfung 3 CP (Insgesamt 5 CP) | (Pflicht) Prüfung 2 CP (Insgesamt 5 CP) | (Pflicht) Prüfung 5 CP (Insgesamt 8 CP) | 30/7 |
| 3. | Höhere Mathematik III (Pflicht) Prüfung 6 CP | Technische Mechanik III (Pflicht) Prüfung 7 CP | | Thermodynamik (Pflicht) Prüfung 6 CP | | Werkstoffe des Maschinenbaus 1 (Pflicht) 5 CP | | Maschinenelemente 6 CP | 30/4 |
| 4. | Fluidmechanik I (Pflicht) Prüfung 6 CP | Regelungstechnik (Pflicht) Prüfung 5 CP | | Wärmetransportphänomene (Pflicht) Prüfung 5 CP | | Werkstoffe des Maschinenbaus 2 (Pflicht) Prüfung 5 CP | | (Pflicht) Prüfung 9 CP (Insgesamt 15 CP) | 30/5 |
| 5. | Mathematische Tools (Pflicht) Prüfung 5 CP | Bachelormodul 1 (Wahl) Prüfung 5 CP | | Bachelormodul 2 (Wahl) Prüfung 5 CP | | Ergänzungsmodul 1 (Wahl) Prüfung 3 CP | | Projektarbeit (Wahl) Studienleistung 12 CP | 30/4 |
| 6. | Bachelor's Thesis (Pflicht) 12 CP | | Bachelormodul 3 (Wahl) Prüfung 5 CP | Bachelormodul 4 (Wahl) Prüfung 5 CP | Bachelormodul 5 (Wahl) Prüfung 5 CP | Ergänzungsmodul 2 (Wahl) Prüfung 3 CP | | | 30/4 |

Legende: grün = Pflicht-Modulgruppe Mathematik, gelb = Pflicht-Modulgruppe Mechanik, hellgrau = allgemeinbildendes Modul, orange = Pflicht-Modulgruppe Naturwissenschaften, grau = Pflicht-Modulgruppe Werkstoffe, Konstruktion, Produktion, hellbraun: Pflichtmodulgruppe E-Technik/IT, dunkelbraun: Pflichtmodulgruppe Thermodynamik, blau = Wahlmodule zur eigenen Schwerpunktzugung und Projektarbeit, dunkelblau = Abschlussarbeit

| Grundlegender Aufbau des Studiengangs |
|---|
| Der Studiengang besteht aus sechs Semestern, wobei das fünfte oder sechste Semester als Mobilitätsfenster genutzt werden kann. Das erste bis vierte Semester enthält ausschließlich Pflichtmodule. Ab dem 5. Fachsemester setzen die Studierenden eigene Schwerpunkte, indem sie aus einem breiten Angebot an Bachelor- und Ergänzungsmodulen auswählen. Die Forschungsphase beginnt im fünften Semester mit der Projektarbeit (11 Credit Points). Die Bachelor's Thesis im sechsten Semester mit 12 Credit Points schließt die Forschungsphase ab. |

Abb. 2: Studienplan des B. Sc. Maschinenwesen

In der Mathematik im 2. Semester werden die wesentlichen Konzepte der Matrixfaktorisierungen sowie der mehrdimensionalen Analysis besprochen. Grundlage hierfür sind die im ersten Semester behandelten Themen. In der Technischen Mechanik wird erneut das Gebiet der ruhenden Körper, allerdings nun in der Elastostatik, untersucht. Dabei stehen zeitunabhängige Verformungen und Beanspruchungen von elastischen Körpern im Zentrum der Betrachtung.

In den Studienplan des Bachelorstudiengangs Maschinenwesen wurde 2017 erstmals ein Modul „Modellierung von Unsicherheiten und Daten im Maschinenwesen“ aufgenommen. In diesem werden zum einen die Grundlagen der Mathematik der Wahrscheinlichkeitsrechnung wiederholt. Zum anderen wird vermittelt, wie ingenieurwissenschaftliche Probleme in Präsenz von Unsicherheiten beschrieben werden können und wie statistische Tests durchzuführen sind. Dies ist ein wesentliches Werkzeug zur Beschreibung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Ereignissen im Maschinenbau, z. B. der Wahrscheinlichkeit, dass ein Bauteil nach einer gegebenen Zahl von Lastzyklen und bekanntem Lastniveau versagt.

3. und 4. Fachsemester

Im 3. Semester wird der Zyklus der Mathematik- und der Technischen Mechanik-Vorlesungen abgeschlossen. In der Mathematik werden Fourierreihen und Fourier- und Laplacetransformationen behandelt, außerdem Lösungswege für Differentialgleichungen und Integraltransformationen dargestellt. Diese Art von angewandter Mathematik ist unter anderem für die Regelungstechnik wichtig, aber auch Phänomene wie Stabilität oder Dämpfung können mit diesen Instrumenten besser beschrieben werden. Für Amplituden- und Phasenfrequenzgänge in der Regelungstechnik/Mechatronik sind diese ebenfalls von Bedeutung. In der Technischen Mechanik werden nun die kinematischen Systeme betrachtet. Der Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegung wird eingehend analysiert.

Die weiteren Pflichtmodule in diesen Semestern ruhen auf den im ersten Studienjahr gelegten Grundlagen auf. Auf Basis der bis dato erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen erarbeiten sich die Studierenden nun weiteres fachspezifisches Wissen auf den elementaren Gebieten des Maschinenbaus wie der Werkstoffkunde, den Maschinenelementen, der Strömungsmechanik, der Thermodynamik, der Regelungstechnik und dem Wärmetransport. Erst nach dem erfolgreichen Abschluss dieser grundlegenden mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Module sind die Studierenden – wie in Kapitel 2 dargelegt – in der Lage, den Anforderungen zu genügen, die branchenspezifische oder -übergreifende Bachelor- und Ergänzungsmodule wie Grundlagen der Verbrennungskraftmaschinen, Automatisierungstechnik oder Maschinendynamik stellen. Auch für die erfolgreiche Projektarbeit im 5. Fachsemester, die wahlweise in der Industrie als Ingenieurpraktikum oder als Projektseminar an Professuren im Maschinenwesen durchgeführt werden kann, sind die genannten Module eine unabdingbare fachliche Voraussetzung.

„connectTUM“ als verbindendes Lehrkonzept in den Fachsemestern 1 bis 4 (optional bis 6)

Kern des Lehrkonzepts ist eine komplexe maschinenbauliche Anlage. Sie vernetzt die Bachelorpflichtmodule „CAD und Maschinzeichnen“, „Grundlagen der modernen Informationstechnik“, „Einführung in die Produktionstechnik“ sowie „Maschinenelemente“ und die Wahlmodule „Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf“, „Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure“ und „Automatisierungstechnik“ und begleitet die Studierenden als roter Faden zumindest durch das Grundlagenstudium, bei Interesse sogar bis zum Studienabschluss.

Am Beispiel einer urbanen Seilbahn durchlaufen die Studierenden „die für die Produktentwicklung entscheidenden Phasen des Produktentstehungsprozesses in umgekehrter Reihenfolge. Sie wenden eine systematische Denkweise bei der Lösung komplexer, interdisziplinärer Aufgaben mit konkreten Anwendungsbezug an und lernen, welche unterschiedlichen Methoden und Werkzeuge verwendet werden.

Im 5. und 6. Fachsemester entwickeln die Studierenden im Modul „Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf“ methodisch das Konzept der Anlage und skizzieren Maschinen-Subsysteme. Ein Konzept für die IT-Hard- und Software entwerfen sie im Rahmen der Module „Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure“ und „Automatisierungstechnik“.

Im 3. und 4. Fachsemester werden im Modul „Maschinenelemente“ geeignete Maschinenelemente auf Basis des ausgewählten Konzepts ausgewählt, nachgerechnet und Subsysteme der Anlage konstruiert.

Im 1. und 2. Fachsemester fertigen die Studierenden von Hand und mittels CAD technische Zeichnungen von den konstruierten Maschinenelementen und -systemen im Rahmen des Moduls „CAD und Maschinzeichnen“ an. Parallel diskutieren sie die Potenziale und Herausforderungen der IT-Hard- und Software im Modul „Grundlagen der modernen Informationstechnik“. Im Modul „Einführung in die Produktionstechnik“ wird das Thema Fertigung diskutiert.“

(<https://reisswolf.fsmb.de/?p=961>, Zugriff am 02.12.2021)

5. und 6. Fachsemester

Während das viersemestrige Grundlagenstudium aus Pflichtmodulen besteht, sind im Vertiefungsbereich (5. und 6. Semester) mit Ausnahme der Module „Mathematische Tools“ und „Bachelor’s Thesis mit wissenschaftlich Arbeiten“ nur Wahlmodule im Angebot. Den Kern des Vertiefungsbereichs bilden die sogenannten „Bachelormodule“. Derzeit stehen in diesem Bereich 45 Module zur Auswahl (siehe Abb. 2). Die Mehrzahl wird von Professorinnen und Professoren aus dem Maschinenwesen angeboten. Sechs Module sind Importmodule aus der Fakultät für Chemie und der School of Management.

Die Studierenden wählen im Laufe des fünften und sechsten Semesters fünf Module aus und setzen dadurch persönliche Schwerpunkte, die als Vorbereitung auf ein weiterführendes Studium oder einen Berufseinstieg in einer bestimmten Branche des Maschinen- und Anlagenbaus dienen. Konkret eröffnen sich hierbei drei Möglichkeiten:

- Branchenspezifische Schwerpunktsetzung (z. B. Automotive)
- Grundlagenorientierte Schwerpunktsetzung (z. B. Numerische Simulation)
- Methodenorientierte Schwerpunktsetzung (z. B. Produktentwicklung, Mechatronik)

Bachelormodule der School of Engineering and Design

| Modulnummer | Titel | ECTS |
|-------------|--|------|
| EI0610 | Elektrische Antriebe - Grundlagen und Anwendungen | 5 |
| EI0628 | Leistungselektronik - Grundlagen und Standardanwendungen | 5 |
| MW0040 | Fertigungstechnologien | 5 |
| MW1902 | Automatisierungstechnik | 5 |

| | | |
|--------|---|---|
| MW1903 | Bioverfahrenstechnik | 5 |
| MW1905 | Einführung in die Medizin- und Kunststofftechnik | 5 |
| MW1906 | Technologie und Anwendungen aktueller und zukünftiger Kernreaktoren | 5 |
| MW1907 | Einführung in die Flugsystemdynamik und Flugregelung | 5 |
| MW1908 | Einführung in die Werkstoffe und Fertigungstechnologien von Carbon Composites | 5 |
| MW1909 | Nachhaltige Energiesysteme | 5 |
| MW1910 | Fluidmechanik 2 | 5 |
| MW1911 | Grundlagen des Kraftfahrzeugbaus | 5 |
| MW1913 | Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik | 5 |
| MW1914 | Grundlagen der Raumfahrt | 5 |
| MW1915 | Grundlagen der Turbomaschinen und Flugantriebe | 5 |
| MW1916 | Grundlagen Verbrennungskraftmaschinen | 5 |
| MW1917 | Grundzüge der Werkstofftechnik (Werkstofftechnik 1) | 5 |
| MW1918 | Industrielle Softwareentwicklung für Ingenieure | 5 |
| MW1919 | Leichtbau | 5 |
| MW1920 | Maschinendynamik | 5 |
| MW1921 | Materialfluss und Logistik | 5 |
| MW1922 | Messtechnik und medizinische Assistenzsysteme | 5 |
| MW1925 | Numerische Methoden für Ingenieure | 5 |
| MW1926 | Produktentwicklung und Konstruktion | 5 |
| MW1929 | Systemtheorie in der Mechatronik | 5 |
| MW1930 | Thermische Verfahrenstechnik 1 | 5 |

| | | |
|--------|---|---|
| MW1931 | Thermodynamik 2 | 5 |
| MW1932 | Grundlagen der Ur- und Umformtechnik | 5 |
| MW1990 | Grundlagen der Luftfahrttechnik | 5 |
| MW2102 | Einführung in die Prozess- und Anlagentechnik | 5 |
| MW2149 | Introduction to Wind Energy | 5 |
| MW2156 | Spanende Fertigungsverfahren | 5 |
| MW2292 | Modelle der Strukturmechanik | 5 |
| MW2372 | Einführung in die Vibroakustik | 5 |
| MW2374 | Einführung ins Bioengineering: Biologisch inspirierte Materialentwicklung | 5 |
| MW2421 | Versuchsplanung und Statistik 1 | 6 |
| MW2462 | Grundlagen der additiven Fertigung | 5 |
| MW2465 | Werkstoffauswahl | 5 |
| MW2468 | Logistics Engineering in Production Systems and Supply Chain Management | 5 |

Bachelormodule anderer Fakultäten bzw. Schools

| Modulnummer | Titel | ECTS |
|-------------|---|------|
| CH0604 | Mechanische Verfahrenstechnik 1 | 5 |
| CH4114 | Reaktionstechnik und Kinetik | 5 |
| WI000219 | Investitions- und Finanzmanagement | 6 |
| WI000219_E | Investment and Financial Management | 6 |
| WI001032 | Einführung in das Zivilrecht | 5 |
| WI001132 | Kostenrechnung für Wirtschaftsinformatik und NF | 6 |

Abb. 3: Bachelormodule des 5. und 6. Semesters im Bachelorstudiengang Maschinenwesen

Ergänzt wird der Modulkatalog der Bachelormodule durch einen Wahlmodulkatalog aus Ergänzungsmodulen. Diese Lehrveranstaltungen werden häufig von Lehrbeauftragten angeboten, die auf eine langjährige berufliche Praxis außerhalb der Universität zurückblicken, oder von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, die Einblick in spezielle Forschungsrichtungen geben. Die Ergänzungsmodule haben den Zweck, den Horizont der Studierenden zu erweitern, die gewählten Schwerpunkte zu vertiefen und auszubauen sowie neue Perspektiven sowohl in Sachen Forschung als auch hinsichtlich der beruflichen Praxis zu eröffnen.

Die Studierenden wählen aus diesem Bereich zwei Module im Umfang von insgesamt sechs Credits. Im Angebot sind aktuell rund 180 Module, die den Bereichen Aerospace, Automotive, Energie- und Prozesstechnik, Entwicklung und Konstruktion, Maschinenwesen, Mechatronik, Medizintechnik, Produktionstechnik und Logistik zuzuordnen sind.

Den Ergänzungsmodulen ist gemeinsam, dass sie nur aus einer zweistündigen Vorlesung ohne Übung bestehen. Das Konzept der Ergänzungsmodule ist in der Vergangenheit sowohl von den Studierenden als auch deren späteren Arbeitgebern gut aufgenommen und akzeptiert worden, da es sowohl ein individuelles Studium als auch fachliche Spezialisierung und Verbreiterung zulässt. Vor dem Hintergrund einer sinnvollen Ergänzung unserer thematischen Schwerpunkte reicht ein Modulumfang von je drei Credits aus, um einerseits die dem jeweiligen Modul zugewiesenen Lernergebnisse zu erzielen, andererseits um das dargelegte Qualifikationsziel des Studiengangs zu erreichen.

Pflichtmodul „Mathematische Tools“ im 5. Semester

2017 hinzugekommen ist auf Anregung der Studierenden wie der Lehrenden das Pflichtmodul „Mathematische Tools“. Im klassischen Berufsalltag einer Ingenieurin/eines Ingenieurs nehmen Softwarewerkzeuge immer mehr an Bedeutung zu. Selten werden heutzutage in der Industrie Modelle über bekannte Programmiersprachen entworfen, vielmehr wird eine anwendungsnahe Programmierung über Softwaretools gefordert. Um ingenieurwissenschaftliche Probleme überhaupt analysieren zu können, bedarf es zunächst der Kenntnisse und Fertigkeiten aus den ersten vier Semestern. Dieses Wissen im Zusammenspiel mit den im Modul „Mathematische Tools“ vorgestellten Routinen versetzt die Studierenden in die Lage, bei Bedarf eine problemorientierte Toolbox zu entwickeln, definierte Routinen aufzubauen und entsprechende Lösungen zu generieren.

Wahlmodul „Projektarbeit“ im 5. Semester

Im Wahlmodul „Projektarbeit“ steht es den Studierenden frei, entweder ein 9-wöchiges Ingenieurpraktikum außerhalb der Universität oder ein semesterbegleitendes Projektseminar an der School of Engineering and Design, Fachbereich Maschinenwesen zu absolvieren. Bei beiden wählbaren Optionen steht die methodisch fundierte und reflektierte praktische Arbeit an Ingenieurprojekten im Zentrum. Während das Ingenieurpraktikum grundsätzlich weltweit in der Industrie aber teilweise auch in öffentlichen Einrichtungen oder anderen Organisationen (z. B. TÜV, Dekra) durchgeführt werden kann – entscheidend sind hier die Interessen der Studierenden

und die Regelungen, die in der Praktikumsrichtlinie niedergelegt sind –, wird das Projektseminar als Modul von Professuren im Maschinenwesen angeboten.

Um realitätsnahe, interdisziplinäre Projekte anbieten zu können, gibt es Kooperationen zwischen Professuren im Maschinenwesen und mit studentischen Gruppen wie TUfast e. V., Akaflieg München e. V. oder AkaModell München e. V. Die Mitarbeiterinnen des Zentrums für Schlüsselkompetenzen, das an der Schoool für die Soft Skills-Ausbildung der Studierenden verantwortlich zeichnet, wirkt ebenfalls am Projektseminar mit und liefert durch speziell ausgebildete Multiplikatorinnen und Multiplikatoren Beiträge zu Themen wie Teamarbeit, Projektmanagement und Präsentationstechniken. Begleitet wird das Projekt durch ein eLearning zum Thema Projektmanagement und Organisation im Team.

Zu Beginn des Projektseminars werden die Studierenden mit einer komplexen Ingenieuraufgabe konfrontiert, für die es keine Musterlösung gibt und die möglichst multidisziplinär ausgerichtet sein soll. Das Ergebnis der Projektarbeit fassen sie am Ende des Projektseminars zusammen und stellen es in geeigneter Form vor (Präsentation, Video). Das didaktische Konzept, das im Projektseminar Anwendung findet, lässt sich am besten mit dem Begriff „forschendes Lernen“ beschreiben. Dabei sind „die einzelnen Phasen des Forschungsprozesses wesentlicher Bestandteil studentischer Lernprozesse“. (https://www.th-koeln.de/mam/downloads/deutsch/hochschule/profil/lehre/steckbrief_forschendes_lernen.pdf, Zugriff am 11.11.2021)

Im Seminar gilt es zunächst, sich im Team zu finden, gemeinsame Ziele zu formulieren und die Aufgabe als ein Projekt zu formulieren. Innerhalb dieses Rahmens arbeiten die Studierenden mit gezieltem Input seitens der Lehrenden, ansonsten allerdings eigenständig an ihrem Projekt. Dieses umfasst Teilprozesse des Produktentwicklungs- und Produktionszyklus wie Konzepterstellung, Entwicklung, Berechnung und/oder Fertigung. Wie im späteren Berufsleben stehen die Studierenden immer wieder vor neuen Problemen, für die sie innovative Lösungswege finden müssen, damit sie am Ende eine passgenaue Lösung vorstellen können.

Die Projektthemen können von Studierenden, Professorinnen und Professoren vorgeschlagen werden. In den Projekten wenden die Studierenden, betreut durch eine Professorin oder einen Professor, ihre theoretischen Kenntnisse des ersten bis vierten Fachsemesters in Teamarbeit und an offenen Aufgabenstellungen an. Ausgehend von einer marktorientierten Problemstellung werden Teilprozesse des Produktentwicklungs- und Produktionszyklus realitätsnah durchschritten. Die Lernziele des Projektseminars sind:

- Synthetisieren und Vertiefen des theoretischen Wissens aus den Pflichtmodulen des 1. bis 4. Semesters,
- Stärkung der Befähigung, komplexe Probleme zu erfassen und Lösungsansätze zu entwickeln: Erfassen und Ergründen des Problems, Entwicklung eines tragfähigen Lösungsansatzes auch bei unscharfer Problemstellung, systematische Erhebung von Informationen,
- Stärkung der Befähigung, problembezogene Modelle zu bilden und in Simulationen umzusetzen,
- Erweiterung und Vertiefung von Fachwissen und

- Beherrschung und Anwendung von Ingenieur-Werkzeugen wie Matlab, Simulink, CAD, CAE, PDM etc.

Soft Skills werden insbesondere in folgenden Bereichen trainiert:

- Verbesserung der Sozialkompetenz: Teamorganisation, Teamarbeit im Projekt, Konfliktmanagement
- Stärkung der Selbstkompetenz, vor allem der Entscheidungsfähigkeit, der Eigeninitiative, Kreativität, Verbindlichkeit und Kontaktstärke,
- Steigerung der Methodenkompetenz: Präsentationstechnik, Projektmanagement, Dokumentationserstellung, selbständiges Erarbeiten neuer Lerninhalte sowie Methoden der Arbeitsorganisation.

Modul „Bachelor’s Thesis“ (mit Seminar „Wissenschaftlich Arbeiten“)

Im Seminar „Wissenschaftlich Arbeiten“ erhalten die Studierenden Informationen zur guten wissenschaftlichen Praxis und erlernen Arbeitstechniken, die sie bei der Erstellung ihrer ersten wissenschaftlichen Arbeit, der Bachelor’s Thesis, unterstützen. Behandelt werden die Richtlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und für den Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten, Grundtypen von Studienarbeiten, die Zusammenarbeit mit der Betreuerin/dem Betreuer, Literaturrecherche und richtiges Zitieren, Versuchsplanung und die Erstellung eines Exposé, Wissenschaftliches Schreiben und Schreibblockaden überwinden sowie die Präsentation der Thesis. Begleitet wird das Seminar von einem eLearning zu den Themen Zeitmanagement im wissenschaftlichen Projekt, Literaturrecherche und Zitieren.

Mobilitätsfenster

Sollten Studierende bereits im Bachelorstudium einen Auslandsaufenthalt in ihr Studium integrieren wollen, sind hierfür insbesondere die Fachsemester 5 und 6 geeignet: Das vielfältige Angebot von Bachelor- und Ergänzungsmodulen, die zum Teil im Winter-, zum Teil im Sommersemester besucht werden können, die Projektarbeit, die in Form eines Industriepraktikums weltweit erbracht werden kann und die Bachelor’s Thesis, die auch bei einer Partnerinstitution im Ausland durchgeführt werden kann, bringen die für den Auslandsaufenthalt nötige Flexibilität in den Studienplan.

Im Ausland erbrachte Leistungen im Bereich der Ergänzungsmodule werden auf Antrag beim Bachelorprüfungsausschuss Maschinenwesen anerkannt, sofern kein wesentlicher Unterschied vorliegt. Bachelormodule werden auf Antrag durch die fachlich zuständigen Lehrenden auf ihre Anerkennbarkeit hin überprüft.

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Für administrative Aspekte der Studienorganisation sind teils die zentralen Arbeitsbereiche des TUM Center for Study and Teaching (TUM CST), teils Einrichtungen der School of Engineering and Design (ED), School Office, Study and Teaching, Maschinenwesen, Standort Garching, zuständig (s. folgende Übersicht):

- Allgemeine Studienberatung: zentral:
Studienberatung und -information (TUM CST)
E-Mailadresse: studium@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
bietet Informationen und Beratung für:
Studieninteressierte und Studierende
(über Hotline/Service Desk)
- Fachstudienberatung: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
Dr.-Ing. Anna Reif
E-Mail-Adresse: studienberatung.me@ed.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15022
- Studienbüro: Study an Teaching ED, Maschinenwesen
E-Mailadresse: studienberatung.me@ed.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15023
- Beratung Auslandsaufenthalt/Internationalisierung:
zentral: TUM Global & Alumni Office
globaloffice@tum.de
dezentral: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
E-Mail-Adresse: saskia.ammon@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15021
- Frauenbeauftragte: Frauenbeauftragte ED, Dr. Annette Spengler,
annette.spengler@tum.de, +49 0(89) 289 27102
- Beratung barrierefreies Studium: zentral: Servicestelle für behinderte und
chronisch kranke Studierende und
Studieninteressierte (TUM CST)
E-Mailadresse: Handicap@zv.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22737
dezentral: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
E-Mailadresse: ingrid.mayershofer@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15020
- Bewerbung und Immatrikulation: zentral: Bewerbung und Immatrikulation
(TUM CST)
E-Mailadresse: studium@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245

Bewerbung, Immatrikulation,
Student Card, Beurlaubung,
Rückmeldung, Exmatrikulation

- Eignungsfeststellungsverfahren: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)
dezentral: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
E-Mailadresse: bewerbungen.me@ed.tum.de
Telefonnummern: +49 (0)89 289 15696 oder 15697
- Beiträge und Stipendien: zentral: Beiträge und Stipendien (TUM CST)
E-Mailadresse:
beitragsmanagement@zv.tum.de
Stipendien und Semesterbeiträge
- Zentrale Prüfungsangelegenheiten: zentral: Zentrale Prüfungsangelegenheiten
(TUM CST), Campus Garching
Abschlussdokumente, Prüfungsbescheide,
Studienabschlussbescheinigungen
- Dezentrale Prüfungsverwaltung: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
Bachelorprüfungsausschuss Maschinenwesen,
E-Mailadresse: bpa.me@ed.tum.de
Telefonnummern: +49 (0)89 289 15692 oder 15698
- Prüfungsausschuss: Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl (Vorsitzender)
Dipl.-Biol. Arno Buchner (Schriftführer)
- Qualitätsmanagement Studium und Lehre:
zentral: Studium und Lehre -
Qualitätsmanagement (TUM CST)
www.lehren.tum.de/startseite/team-hrsl/
dezentral: Study and Teaching ED, Maschinenwesen
Prof. Dr.-Ing. Veit Senner, APD, designiert,
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15020
Dr. Ingrid Mayershofer, QM und Evaluationen
E-Mail-Adresse: ingrid.mayershofer@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15020
Dr.-Ing. Anna Reif, Modulmanagement
E-Mail-Adresse: modulverwaltung@ed.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 15022

8 Entwicklungen im Studiengang

Der Bachelorstudiengang Maschinenwesen bildet das Fundament aller Studiengänge im Maschinenwesen. Er hat sich aus den Diplomstudiengängen des Maschinenwesens heraus entwickelt und ist seither fester Bestandteil des Studienangebots.

In der Einführungsphase der Bachelor- und Masterstudiengänge an der Altfakultät für Maschinenwesen ab ca. 2008 entschied man sich zunächst dafür, insgesamt zehn Bachelorstudiengänge einzuführen. Neben dem B. Sc. Maschinenwesen wurden neun Studiengänge angeboten, die ein weites Spektrum an Spezialisierungsmöglichkeiten von der Energie- und Prozesstechnik über die Fahrzeug- und Motorentechnik und die Medizintechnik bis hin zur Produktionstechnik abdeckten. Aufgrund der Tatsache, dass das Grundlagenstudium in den ersten vier Semestern in all diesen zehn Studiengängen identisch und eine Vielzahl von Studierenden zu Studienbeginn offenbar mit der Festlegung auf eine bestimmte Studienrichtung überfordert war und um die Mitte des Studiums teilweise mehrfach den Studiengang wechselte, wurde das Bachelorstudienangebot vor ca. zehn Jahren im Bachelorstudiengang Maschinenwesen zusammengeführt.

Charakteristisch sind für den Studiengang seither das viersemestrige ingenieurwissenschaftliche Grundlagenstudium und das anschließende zweisemestrige Vertiefungsstudium, in dessen Rahmen sowohl Module zur branchenspezifischen Spezialisierung als auch Module zu Querschnittsthemen, zu Methoden, zur weiteren Vertiefung der ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen oder Module angrenzender Disziplinen (z. B. Elektrotechnik, Chemie) gewählt werden können. Auf diese Weise ist eine fundierte ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung gewährleistet, gefolgt von einer Studienphase, die der Suche nach der individuell passenden fachlichen Spezialisierung und der gezielten Vorbereitung eines Spezialmasters bzw. von Vertiefungsrichtungen im M. Sc. Maschinenwesen dient.

Einen letzten größeren Einschnitt markierte die Bachelorreform 2016/17. Im Zuge dieser Reform wurde der Forderung unterschiedlicher Stakeholder Rechnung getragen, den Themen Modellbildung in den Ingenieurwissenschaften und Projektarbeit einen größeren Stellenwert im Curriculum einzuräumen. Eingeführt wurden in diesem Zusammenhang die Pflichtmodule „Modellierung von Unsicherheiten und Daten im Maschinenwesen“ (MW2345, 2. Fachsemester, 5 Credits) und „Mathematische Tools“ (MW2346, 5. Fachsemester, 5 Credits) sowie das „Projektseminar mit Soft Skills“ (MW2348, 5. Fachsemester, 12 Credits), welches wahlweise das Ingenieurpraktikum ersetzen kann.

2019/20 wurde aufgrund entsprechender Rückmeldungen aus den Qualitätszirkeln sowie aus einem Teil der Professor*innenschaft, denen zufolge die Produktionstechnik (wieder) Bestandteil des Pflichtprogramms im B. Sc. werden müsse, nachgesteuert und das Pflichtmodul „Einführung in die Produktionstechnik“ (MW2447, 2. Fachsemester, 3 Credits) ins Curriculum integriert, um die 2016/17 zugunsten der o. g. Module erfolgte Streichung des Moduls „Grundlagen der Entwicklung und Produktion“ zu kompensieren.

Abgesehen davon war und ist das Feedback zum Studiengang in den Qualitätszirkeln durchgehend sehr positiv. Grundlegende Änderungen sind deshalb in nächster Zeit nicht geplant.

Im Fokus steht aktuell der Übergang des Studiengangs in die seit 01.10.2021 bestehende School of Engineering and Design sowie die Sondierung der Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Studiengangs im Kontext des nun ungleich größeren Studien- und Modulangebots der School unter dem Leitstern des „Human-centered Engineering“.