

Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“

Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München

Bezeichnung	Medizintechnik und Assistenzsysteme
Organisatorische Zuordnung	Fakultät für Maschinenwesen
Abschluss	Master of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	4 Semester & 120 ECTS-Credits
Studienform	Vollzeit, Präsenzstudiengang
Zulassung	Eignungsverfahren (EV)
Starttermin	WS 2019/2020
Sprache	Deutsch
Studiengangsverantwortliche/-r	Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. Tim C. Lueth
Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge	-----
Ansprechperson bei Rückfragen	Dr. Franz Irlinger, Tel. 089-289-15188, irlinger@tum.de

Version/Stand, vom 16.10.2020

Der Studiendekan

Prof. Dr.-Ing. Manfred Hajek

Inhaltsverzeichnis

1.	Studiengangziele	3
1.1.	Zweck des Studiengangs	3
1.2.	Strategische Bedeutung des Studiengangs	4
2.	Qualifikationsprofil	7
3.	Zielgruppen.....	12
3.1.	Adressatenkreis	12
3.2.	Vorkenntnisse der Studienbewerberinnen und -bewerber	12
3.3.	Zielzahlen	13
4.	Bedarfsanalyse	15
5.	Wettbewerbsanalyse.....	18
5.1.	Externe Wettbewerbsanalyse	18
5.2.	Interne Wettbewerbsanalyse.....	20
6.	Aufbau des Studiengangs	21
7.	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	35
8.	Entwicklung im Studiengang	37
8.1.	Übersicht über die Neuerungen	37
8.2.	Entwicklung im Studiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“	38

1. Studiengangziele

Dieser erste Abschnitt ist der grundsätzlichen Zielsetzung des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ gewidmet. Er umfasst die übergeordnete Zielerläuterung und die wesentlichen Inhalte und Intentionen des Studiengangs. Des Weiteren wird die strategische Bedeutung des Studiengangs in Bezug auf die Ausrichtung der Fakultät für Maschinenwesen dargestellt.

1.1. Zweck des Studiengangs

Die erfreuliche Entwicklung, dass Menschen in Deutschland immer älter werden, setzt sich fort. Dies ist neben den besseren Lebensbedingungen vor allem dem medizinischen Fortschritt zu verdanken. Eingriffe werden heute zunehmend vom Arzt und dem Gesundheitsfachpersonal auf der Grundlage von Voruntersuchungen und Bildgebungen am Rechner geplant und im Operationsraum (OP) durchgeführt. Dabei überwachen Sensoren nicht nur den Arzt und das ausführende medizinische Fachpersonal und unterstützen diese dabei ihre Planungen umzusetzen ohne Risikostrukturen zu verletzen, sondern auch die im OP befindlichen Geräte. Dabei ist aber natürlich zu beachten, dass neben dem Wunsch länger zu leben natürlich auch ein gesundes und autonom gestaltetes Alter immer wichtiger wird. Das bedeutet, dass Vorsorge, angepasste Pflege und Rehabilitation auch für ältere, chronisch kranke oder behinderte Personen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Vor allem in diesem Bereich spielen Assistenzsysteme, welche körperliche Herausforderungen der Betroffenen selbst sowie des Pflegepersonals und die Durchführung von Rehabilitationsmaßnahmen erleichtern können, eine immer wichtigere Rolle.

Dieser kurze Abriss der wichtigsten Entwicklungen in der Medizintechnik macht deutlich wo die Herausforderungen in der Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren für die Medizintechnik liegen. Als Antwort darauf sind technische Lösungen notwendig, welche nur interdisziplinär im Zusammenspiel zwischen Maschinenbau, Elektrotechnik, Informationstechnik, Medizin, Physik und Gesundheitswissenschaften gefunden werden können. Im interdisziplinären Denken und Arbeiten geschulte Ingenieurinnen und Ingenieure, die an der Schnittstelle zwischen diesen Fachdisziplinen tätig sind, sind die Schlüssel zur erfolgreichen Entwicklung der Medizintechnik und Assistenzsystemen. Die Ausbildung von Fachkräften und Expertinnen und Experten an dieser Schnittstelle ist das übergeordnete Ziel des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“.

Zum einen ist dazu eine fundierte mechatronische Ausbildung notwendig, um etwa die sichere Vernetzung von Geräten im Operationsraum zu gewährleisten. Zum anderen sind profunde konstruktive und kinematische Kenntnisse unabdingbar, um Bewegungen für minimal-invasive Eingriffe oder unterstützende Exoskelette zu entwerfen. Aber auch Kenntnisse, um die Zulassung von Medizingeräten vor dem Hintergrund strenger werdender regulatorischer Anforderungen durchzuführen, sind heute mehr denn je gefragt.

Im Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ haben die Studierenden die Möglichkeit, wissenschaftliche und praxisbezogene Methodenkompetenzen und Fachkenntnisse an

der Grenze zwischen den notwendigen Disziplinen zu erwerben. Fachwissen und Kompetenzen, welche schon im Rahmen des Maschinenwesen Bachelorstudiums erworben wurden, können in Abhängigkeit einer individuellen Schwerpunktsetzung auf den Gebieten Werkstoffe und Implantate, Mechatronik und Gerätetechnik, regulatorische Anforderungen und Studiendesign sowie muskuloskelettale Assistenzsysteme vertieft werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass die Studierenden ein charakterisierendes Profil in den Bereichen Kinematik und Robotik, Elektronik und Regelung, Informationstechnik, Design oder speziellen Querschnittsfächern erlangen.

Das Erlangen des grundlegenden Wissens sowie der Fach- und Methodenkompetenz im Bereich der Medizintechnik und der Assistenzsysteme wird durch ein breites Lehrangebot gewährleistet. Die Studierenden lernen darüber hinaus, technische Lösungen in einem interdisziplinären Kontext zu reflektieren. Die Absolventinnen und Absolventen werden befähigt, Aufgaben in allen medizintechnischen Anwendungsgebieten unter Berücksichtigung der technischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Rahmenbedingungen erfolgreich zu bewältigen. Zusätzlich zum Erwerb eines interdisziplinären Technikverständnisses ist die Ausbildung und Förderung der sozialen Kompetenz sowie die Persönlichkeitsentwicklung ein weiteres Ziel.

Der reformierte Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ gewährleistet durch die oben genannten Schwerpunkte und Profildbereiche eine fundierte interdisziplinäre Bildung, die auf die Entwicklung zukünftiger Lösungen im Bereich der Medizintechnik und der Assistenzsysteme vorbereitet und Spezialistinnen und Spezialisten für die Bewältigung dieser neuen Herausforderungen fit macht. Entwicklungen und Fortschritte in Bereichen der minimalinvasiver Chirurgie, der Biokompatibilität, Resorbierbarkeit und Sterilisierbarkeit von neuen Werkstoffen mit denen Implantate aus dem 3D-Drucker gefertigt werden können, von Systemen und Exoskeletten zur Rehabilitation oder zur körperlichen Unterstützung von Pflegekräften und alten Personen sowie regulatorischer Anforderungen (Planung und Auswertungen von Studien, Zulassung von Medizingeräten, Erstellung von Medizingeräteproduktakten) müssen durch exzellente Ingenieurinnen und Ingenieure vorangetrieben, weiterentwickelt und in den Einsatz gebracht werden. Dies berücksichtigt und garantiert der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ gleichermaßen.

1.2. Strategische Bedeutung des Studiengangs

Ein zentraler Leitsatz der TUM lautet: *„In ihrem Grundverständnis als Dienerin der Gesellschaft ist die Technische Universität München dem Innovationsfortschritt auf Wissenschaftsgebieten verpflichtet, die das Leben und Zusammenleben der Menschen nachhaltig zu verbessern versprechen¹“*. Alle Fakultäten der TUM, darunter die Fakultät für Maschinenwesen, haben die Aufgabe, an Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft zu forschen und ihre Studierenden auf diese vorzubereiten.

Die Medizintechnik und die Entwicklung von Assistenzsystemen ist dabei die Ingenieurdisziplin, welche mit ihren Produkten dem Menschen am nächsten kommt und die Fakultät für Maschinenwesen wird durch die Ausbildung in diesem Bereich dem Bedarf an solchen

¹ www.tum.de/die-tum/die-universitaet/leitbild/ (Zugriff am 25.06.2018)

Ingenieurinnen und Ingenieuren (Details dazu werden später in Kapitel 4 erläutert) gerecht. So zielt der Studiengang konkret darauf ab, Ingenieurinnen und Ingenieure auszubilden und in den Einsatz zu bringen, die auch auf die Medizin außerhalb der Klinik in den Bereichen Gesundheit, Pflege, Rehabilitation und Prävention ihren Fokus und ihren Innovationseifer legen. Die Absolventinnen und Absolventen kennen kinematische Zusammenhänge und den damit verbundenen Entwurf von Geräten, die Grundlagen der Genauigkeit und Präzision sowie konstruktionsmethodische Aspekte, sowie die Bedeutung von Assistenzsystemen eben auch außerhalb des Krankenhauses. Im Studiengang werden Fragen der Zulassung gemäß DIN/ISO 13485 sowie die vertiefte Behandlung regulatorischer Anforderungen und des Studiendesigns thematisiert. Werkstofftechnische Fragestellungen und fertigungstechnische Möglichkeiten bis hin zu individualisierten Medizinprodukten aus dem 3D-Drucker werden ebenso beleuchtet. Diese einzigartige Kombination verschiedener Aspekte der Medizintechnik und der Assistenzsysteme, die, wie in Kapitel 5 später detailliert erläutert wird, bedient derzeit keine weitere Hochschule innerhalb Deutschlands und im deutschsprachigen Raum. Durch die strategisch so wichtige und wertvolle Ausrichtung des Masterstudiengangs, sieht sich die Fakultät für Maschinenwesen nicht nur dem oben genannten Leitbild der TUM verpflichtet, sondern erfüllt dies durch diesen Masterstudiengang in vielfältiger Weise.

Neben diesen inhaltlichen Aspekten des Masterstudiengangs Medizintechnik und Assistenzsysteme, die das Leben und Zusammenleben der Menschen nachhaltig verbessern, spielen weitere Punkte eine besondere Rolle in der strategischen Bedeutung des Studiengangs.

Die Verbindung von Lehre und Forschung ist ein wesentliches Fundament der akademischen Ausbildung an der Fakultät für Maschinenwesen. Alle Professorinnen und Professoren der Fakultät 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. Die Medizintechnik ist an der TUM an vielen Stellen sowohl in Forschung wie auch in der Lehre verankert. Zu nennen ist dabei etwa die Munich School of BioEngineering (MSB). Unter ihrem Dach arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf den Gebieten Bildgebung, Biomaterialien, Biochemie und Biomedizinische Technologien zusammen. Das Team setzt sich zusammen aus Mitgliedern vieler TUM-Fakultäten und -Forschungszentren, einige davon auch aus dem Maschinenwesen. In der Medizin arbeitet das MITI (Minimal-invasive Interdisziplinäre Therapeutische Intervention) eng mit dem Maschinenwesen zusammen. Bei den Forschungsarbeiten legt das MITI besonderen Wert auf die Anwendbarkeit der Entwicklungen im klinischen Alltag. Dies wird bei jedem Projekt durch die enge Zusammenarbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie klinisch tätigen Ärztinnen und Ärzten erreicht. Daraus und aus weiteren Projekten der beteiligten Lehrstühle resultierende aktuelle Forschungsergebnisse werden in die Lehre eingebunden und die Studierenden erhalten die Möglichkeit, in vielfältiger Weise an diesen Projekten mitzuwirken. Die Verknüpfung von Forschung und Lehre zeigt sich auch auf der Ebene des Masterstudiengangs durch eine besondere Betonung von forschungsorientierten Ansätzen in Lehrveranstaltungen und eigenständigen studentischen Forschungsleistungen, etwa in der Forschungspraxis und der Master's Thesis.

In der Ausbildung der Medizintechnik und der damit einhergehenden Entwicklung von Assistenzsystemen sieht sich die Fakultät somit an der Spitze der einschlägigen deutschen Fakultäten. Die Mitgliedschaft im Doppeldiplomprogramm „TIME“ (Top Industrial Managers

Europe)², das mit renommierten Partnern wie der Ecole Polytechnique³ in Paris, der Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales⁴ in Madrid und dem Royal Institut of Technology (KTH)⁵ in Stockholm durchgeführt wird, tragen zur Internationalisierung der Lehre wesentlich bei, was ein weiteres strategisches Ziel der Fakultät ist. Mit einem Anteil internationaler Studierender von 28 Prozent⁶ (Stand WiSe 2017/2018) sieht sich die Fakultät in ihrer Auffassung bestätigt, dass sie ein ebenso attraktives wie anspruchsvolles Programm für internationale Studierende anbietet.

Ein weiterer strategischer Vorteil ist es, dass zahlreiche Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich der Medizintechnik und Assistenzsysteme in der Metropolregion München und im süddeutschen Raum angesiedelt sind. Regionen, welche sowohl ein wirtschaftliches, als auch ein wissenschaftliches Zentrum innerhalb Deutschlands bilden. Aber auch angesichts der vielfältigen Kooperationen mit externen Partnern aus Forschung und Industrie und dank seiner Einbindung in das weltweit führende Mechatronik-Forschungszentrum der TUM, das eng mit anderen Spitzenforschungszentren der TUM zusammenarbeitet, wie der MSB oder der Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM), ordnet sich der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ in der Spitze der Bildung in diesem interdisziplinären Bereich ein.

Durch diese besonderen Merkmale des Studiengangs und der Fakultät für Maschinenwesen (inhaltliche Ausrichtung, Verbindung von Lehre, Forschung und Praxis, Internationalisierung, Metropolregion München), sieht diese einen deutlichen Vorteil und Nutzen in der Ausbildung motivierter und wissbegieriger Studierender, dem sie gezielt nachkommen wird.

² www.time-association.org/double-degrees/ (Zugriff am 25.06.2018)

³ www.polytechnique.edu/en (Zugriff am 25.06.2018)

⁴ www.etsii.upm.es (Zugriff am 25.06.2018)

⁵ www.kth.se/en (Zugriff am 25.06.2018)

⁶ www.tum.de/die-tum/die-universitaet/die-tum-in-zahlen/studium/ (Zugriff am 25.06.2018)

2. Qualifikationsprofil

Das Qualifikationsprofil entspricht den Anforderungen des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmens - HQR) gemäß Beschluss vom 16.02.2017 der Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. Gemäß dem HQR kann das Qualifikationsprofil für den Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ anhand der Anforderungen (i) Wissen und Verstehen, (ii) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen und (iii) Kommunikation und Kooperation und (iv) Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität definiert werden. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zugangsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in den entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnungen ausgeführt.

Wissen und Verstehen:

Im Studium erarbeiten sich die angehenden Absolventinnen und Absolventen einen Gesamtüberblick über die relevanten Fachbereiche der Medizintechnik. Durch die Verteilung des Lehrangebots auf vier Schwerpunktbereiche ((i) Mechatronik & Gerätetechnik, (ii) Werkstoffe & Implantate, (iii) muskuloskelettale Assistenzsysteme und (iv) Regularien & Studiendesign; vgl. Kapitel 6, Abbildung 5), aus denen jeweils ein Minimum an Modulen gewählt werden muss, ist der Erwerb von weiterführenden Kenntnissen und Kompetenzen in allen zentralen Themengebieten der Medizintechnik und der Assistenzsysteme gewährleistet. Darüber hinaus wählen die Studierenden aus fünf Profildbereichen (vgl. Kapitel 6, Abbildung 6) weitere Module um Akzente in ihrer Ausbildung zu setzen oder einzelne Themengebiete zu vertiefen.

Im ersten Schwerpunktbereich eignen sich die Studierenden Wissen und Fähigkeiten auf dem Gebiet der Mechatronik und Gerätetechnik an. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage zu erkennen, wo Medizingeräte im Klinikalltag die Arbeit der Chirurgen oder des Chirurgen sinnvoll unterstützen können. Sie verstehen die Wirkungsweise der Geräte und kennen die grundlegenden Algorithmen zu deren Programmierung und können sie problemorientiert anwenden. Sie können abschätzen für welche Anwendungen solche mechatronischen Systeme zum Einsatz kommen können und wo deren Stärken liegen. Sie sind in der Lage, den kinematischen Aufbau von Mechanismen zu erfassen und in eine Form zu überführen, die eine einfache grafische Analyse erlaubt. Auf dieser Grundlage können Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Krümmungsverhältnisse nicht nur erfasst, sondern in ihrem Zusammenhang verstanden und analysiert werden.

Der zweite Schwerpunktbereich umfasst neben Grundlagen auch vertiefte Techniken zu Werkstoffen und Implantaten. So werden Kenntnisse in der Anatomie, Physiologie und Pathologie der Organsysteme vermittelt, die es den Absolventinnen und Absolventen ermöglichen, eigenständige Analysen ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen der Medizintechnik durchzuführen. Sie entwickeln Lösungen im Bereich der Kunststofftechnik können werkstofftechnische Fragestellungen kritisch bewerten sowie zulassungsrelevante und rechtliche Voraussetzungen bei der Herstellung von Medizinprodukten einschätzen.

Im dritten Bereich der Muskuloskelettalen Assistenzsysteme lernen die Studierenden die Anwendung von Verfahren der kinematischen Geometrie für den Entwurf und die Analyse von Getrieben und Robotern und kennen Methoden zum Lösen von Bewegungsaufgaben mit Gelenkstrukturen. Sie sind in der Lage softwaregestützt, kinematische Prozesse für Getriebe und Roboter mittels Matlab-Berechnungsbibliotheken und Catia-Konstruktionsmethoden auszulegen. Weiterhin können sie die beispielsweise aus einer Arbeitstätigkeit/einem Arbeitsplatz resultierenden Belastungen für den Menschen (z. B. Klima, Lärm, körperliche Arbeit, Arbeitsplatzgestaltung) analysieren und bewerten.

Im vierten Bereich (Studiendesign und Regularien) sind die Absolventinnen und Absolventen beispielsweise in der Lage, Medizinprodukte selbstständig zuzulassen oder zumindest geeignete Stellen zu Rate zu ziehen. Sie kennen die zentralen statistischen Verfahren zur Auswertung mehrfaktorieller Versuchspläne, wenden diese Verfahren (mehrfaktorielle ANOVA mit und ohne Messwiederholung, multiple Regression) auf neue Datensätze an und interpretieren die dazugehörigen Ergebnisse. So können sie auch Unterschiede zwischen klassischen Hypothesentests und der Vorgehensweise im Rahmen der Bayes Statistik nachzuvollziehen.

Je nach Wahl im sog. Profilbereich (vgl. Kapitel 6, Abbildung 6) weisen die Absolventinnen und Absolventen u.a. folgende Qualifikationen auf:

Kinematik und Robotik:

Die Absolventinnen und Absolventen sind beispielsweise in der Lage, grundlegende Regelungskonzepte in elektrischen Antriebssystemen (Optimierungsverfahren für Strom-, Drehzahl-, Lage-Regelkreise) zu implementieren. Sie können selbstständig Regler für elektrische Antriebe entwerfen, auslegen und optimieren sowie das statische und dynamische Verhalten eines geregelten elektrischen Antriebes bewerten. Sie können somit typische Aufgabenstellungen in der Kinematik, Dynamik, Regelung und Optimierung von Robotern lösen.

Elektronik und Regelung:

Die Absolventinnen und Absolventen verstehen das Konzept der strukturierten, torbasierten Modellbildung, das auf der Trennung von Leistungsstruktur, Dynamik und Konstitutivgleichungen beruht. Sie sind in der Lage, Systeme mit konzentrierten Energiespeichern auf diese Weise zu modellieren und ihre Zustandsdarstellung in port-Hamiltonscher Form herzuleiten. Sie kennen die Grundmechanismen der energiebasierten Regelung und können sie, nach der Überprüfung ihrer Anwendbarkeit, auf endlich-dimensionale Systeme anwenden.

Informationstechnik:

Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, moderne Methoden der künstlichen Intelligenz allgemein anzuwenden sowie Anwendungsfälle speziell im Bereich der Steuerungs- und Regelungstechnik zu analysieren. D. h. sie können intelligente automatisierungstechnische Systeme analysieren, auf Grundlage der vermittelten Methoden unterschiedliche Entwurfskonzepte bewerten, bei einer gegebenen Problemstellung eine adäquate Lösung modellieren und entwickeln sowie die Herausforderung beim Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz in der Automatisierungstechnik bzw. in der Domäne der eingebetteten Systeme erkennen.

Design:

Die Absolventinnen und Absolventen verstehen die Schritte der Produktentwicklung und Strukturoptimierung. Sie sind in der Lage, Produkte zu planen, zu konstruieren, zu analysieren, zu evaluieren und zu verbessern. Sie verstehen also modellbasierte Entwurfsaufgaben als Optimierungsaufgaben und kennen die für die Praxis wesentlichen mathematischen Grundlagen und Lösungsalgorithmen. Sie kennen die Anforderungen, Randbedingungen und Einflussfaktoren, die den Produktentwicklungsprozess beeinflussen und können ihr Wissen in Bezug auf Prozessmodelle und Methoden auf andere Produkte übertragen.

MedTech-Querschnittsfächer:

Durch die Wahl von Modulen aus diesem Profildbereich, werden die Studierenden befähigt, über den Tellerrand des klassischen Maschinenbaus hinein in angrenzende und verwandte Bereiche, wie beispielsweise der Ergonomie, zu blicken und grundlegende Methoden des Maschinenbaus auf biologische Systeme zu übertragen. Die Absolventinnen und Absolventen wenden z. B. fluidmechanische Prinzipien an, um biologische Vorgänge (insbesondere fluidmechanische Vorgänge im Körper) abzubilden. Sie sind in der Lage, Strategien der Informationsverarbeitung der Sinnesorgane zu analysieren, auf technische Systeme zu übertragen und nichtlineare Systeme zu modellieren sowie ihre Dynamik zu berechnen und zu analysieren. Oder sie können Mechanismen des menschlichen Verhaltens analysieren und hinsichtlich der Zuverlässigkeit kontextspezifisch anwenden, menschliche Fehler klassifizieren und entsprechende Fehlermodelle anwenden, Risiken analysieren und passende Abwehrstrategien sowie Regeln zur Gestaltung robuster Systeme anwenden.

Die Absolventinnen und Absolventen sind zusammenfassend in der Lage, das Fachwissen der beteiligten Disziplinen (also nicht nur Maschinenwesen, sondern auch Elektrotechnik, Informatik, Medizin, Physik und Gesundheitswissenschaften) zu vernetzen und Systeme, welche in der Medizingerätetechnik zum Einsatz kommen, unter all den genannten Gesichtspunkten der Schwerpunkt- und Profildbereiche zu betrachten. Die Behandlung medizintechnischer Systeme während des Gesamtlebenszyklus, sowie deren Optimierung hinsichtlich der Produkt- und Produktionsqualität, setzt sowohl Fachwissen in Disziplinen des Maschinenwesens, als auch Kenntnisse der interdisziplinären Zusammenhänge voraus, welche im Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ vermittelt werden. Aber auch rechtliche Gesichtspunkte der Zulassung und Aspekte des dazu notwendigen Studiendesign lernen die Studierenden kennen und anwenden.

Mit dem so erworbenen Wissensverständnis sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage anwendungsorientierte und wissenschaftliche Probleme der Medizintechnik und deren Assistenzsysteme zu lösen. Die Absolventinnen und Absolventen verfügen gleichermaßen über ein breites Wissen sowie über ein Wissen in Spezialbereichen. Der Masterstudiengang zielt dabei auf die Wissensverbreiterung, aufbauend auf den Bachelorstudiengang Maschinenwesen oder einen vergleichbaren Studiengang. Die Wissensvertiefung bildet dabei die Grundlage für die Entwicklung und Anwendung eigenständiger Ideen.

Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen:

Das erlangte vertiefte Fachwissen und die methodische Lösungsfindungskompetenz im interdisziplinären Feld der Medizintechnik können die Absolventinnen und Absolventen auch auf unerwartete, neue oder hochkomplexe Probleme und Aufgabenstellungen anwenden bzw. transferieren. Sie sind zur Lösung dieser Probleme sowohl auf Basis anwendungsbasierter als auch grundlagenorientierter Methodik befähigt und können dabei neuere Entwicklungen und Trends in der Medizintechnik, wie z. B. minimalinvasive Chirurgie, biokompatible Werkstoffe sowie Werkstoffe für den 3D-Druck oder Exoskelette sowie Konzepte und Methoden anderer Disziplinen, wie beispielsweise aus der Elektro- und Informationstechnik die Benutzung von Mikrocontrollern oder die Beherrschung von Echtzeitanforderungen, einbeziehen. Im Bereich der wissenschaftlichen Innovationen werfen die Absolventinnen und Absolventen aktuelle Forschungsfragen im Bereich der Medizintechnik und Assistenzsysteme (z. B. Entwurf von Systemen zur Rehabilitation oder zur körperlichen Unterstützung von Pflegekräften und alten Personen) auf und lösen diese durch geeignete Wahl der Forschungsmethoden und sind in der Lage ihre Ergebnisse kritisch zu hinterfragen, zu validieren, zu dokumentieren und zu kommunizieren. Rechtliche Fragen der Zulassung von Medizingeräten wie regulatorische Anforderungen, die Planung und Auswertung von Studien und die Erstellung von Medizingeräteproduktakten, spielen hier ebenfalls eine wichtige Rolle.

Kommunikation und Kooperation:

Insbesondere der Kommunikation und Kooperation kommt bei dem gesellschaftlich bedeutsamen Bereich der Medizintechnik und der Assistenzsysteme mit ihren Aufgaben (z. B. Roboter in der Pflege oder dem Servicebereich), besonders rund um die alternde Gesellschaft eine besondere Bedeutung zu. Dies umfasst auch die ziel- und situationsorientierte Einbeziehung aller relevanten, gesellschaftlichen Akteure und Gruppen und den kritischen Dialog mit diesen auf Sach- und Fachebene, zu denen die Absolventinnen und Absolventen befähigt werden. Darüber hinaus erkennen die Absolventinnen und Absolventen kritische Aspekte der Zusammenarbeit mit anderen, können diese reflektieren und in ein konzeptionelles, lösungsorientiertes Handeln überführen.

Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität:

Die Absolventinnen und Absolventen sind nicht nur für verantwortungsvolle und anspruchsvolle Aufgaben in der Industrie (Forschung und Entwicklung, Konstruktion und Simulation, Projektleitung, Fertigung, Qualitätsmanagement, Zulassung und Vertrieb) geeignet, sondern qualifizieren sich insbesondere auch für weiterführende Forschungstätigkeiten. Ein professionelles Handeln in Wissenschaft und Industrie fußt dabei auf dem erworbenen theoretischen/fachlichen und methodischen Wissen und der erworbenen Kompetenz Lösungen zu entwickeln und Entscheidungen zu treffen. Das eigene Handeln wird dabei reflektiert und hinsichtlich der gesellschaftlichen Erwartungen und Anforderungen hinterfragt.

Vor allem bei der Entwicklung von Produkten für die Medizintechnik sowie von Assistenzsystemen sind diese Fähigkeiten von großer Bedeutung. So unterstützen z. B. Sensoren die Ärztin, den Arzt und die im OP befindlichen Geräte, damit Operationen ohne Risikostrukturen durchgeführt werden können. Die Bedeutung von Assistenzsystemen wird vor allem bei der Unterstützung von Menschen in der Pflege (sowohl Gepflegte als auch Pflegenden) deutlich. Beide Bereiche erfordern einen

verantwortungsvollen Entwicklungsprozess, damit Menschenleben nicht unnötig gefährdet werden. Ein reflektierter und verantwortungsvoller Umgang mit dem eigenen Wissen ist dabei von großer Bedeutung.

Zusammenfassend bildet der Masterstudiengang Medizintechnik und Assistenzsysteme die Studierenden sowohl im Hinblick auf eine wissenschaftliche Forschungskompetenz als auch berufsbezogen und anwendungsorientiert aus. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, ingenieurwissenschaftliche Tätigkeiten im interdisziplinären Kontext auszuüben und eine Brückenfunktion zwischen den verschiedenen Tätigkeitsbereichen (Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Produktion, ...) sowie verschiedenen Fachdisziplinen (Maschinenbau, Informatik, Elektrotechnik, Medizin, Physik, Gesundheitswissenschaften) einzunehmen. Sie entwickeln ihr Wissen weiter und setzen es in der Industrie und zum Nutzen der Gesellschaft ein.

3. Zielgruppen

In diesem Abschnitt werden die Zielgruppen des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ analysiert. Die Analyse gibt Auskunft darüber, an wen sich der Studiengang richtet, welche Vorkenntnisse die Studienanfängerinnen und -anfänger haben sollen und wie viele Studierende pro Semester erwartet werden.

3.1. Adressatenkreis

Der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ richtet sich in besonderer Weise an die Absolventinnen und Absolventen des TUM-Bachelorstudiengangs „Maschinenwesen“ mit einem Interesse an medizintechnischen Fragestellungen. Bei der Entwicklung des Curriculums wurde insbesondere darauf geachtet, dass Kenntnisse und Kompetenzen aus dem genannten Bachelorstudiengang im Bereich der Medizintechnik und der Assistenzsysteme gezielt vertieft und erweitert werden. Bachelorabsolventinnen und -absolventen des Joint-Degree-Programms „Ingenieurwissenschaften“ mit der Universität Salzburg sowie des Bachelorstudiengangs „Ingenieurwissenschaften“ der Munich School of Engineering (MSE) gehören zum erweiterten internen Adressatenkreis.

Nationale und internationale Absolventinnen und Absolventen eines Bachelorstudiengangs oder Personen mit vergleichbaren Abschlüssen im Maschinenbau oder der Medizintechnik, die ein vertieftes Interesse an medizintechnischen Fragestellungen haben, sind ebenso die anvisierte Zielgruppe des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“.

3.2. Vorkenntnisse der Studienbewerberinnen und -bewerber

Bewerberinnen und Bewerber müssen über solide Kenntnisse und Kompetenzen in den Bereichen Mathematik, technische Mechanik, Werkstoffkunde, Maschinenelemente und Konstruktion, Regelungstechnik, Informationstechnik, Automatisierungstechnik und Elektrotechnik verfügen und Grundlagenwissen und -kompetenzen in der Programmierung erworben haben. Bewerberinnen und Bewerber sollen darüber hinaus über gute englische Sprachkenntnisse verfügen sowie grundlegende überfachliche Kompetenzen in Projekt- und Teamarbeit sowie Methodenkompetenz, wie zum Beispiel Präsentationstechnik, erworben haben.

Darüber hinaus müssen alle Bewerberinnen und Bewerber ein mindestens achtwöchiges Praktikum in einem Industrieunternehmen absolviert haben. Angehende Masterstudierende, die diese Voraussetzung nicht erfüllen, werden mit der Auflage zugelassen, spätestens bis zum Beginn der Master's Thesis ein entsprechendes Industriepraktikum nachzuholen.

Bewerberinnen und Bewerber, deren Muttersprache nicht Deutsch ist oder die kein deutschsprachiges Erststudium absolviert haben, müssen für die Zulassung zum Masterstudium ausreichende Deutschkenntnisse nachweisen. Da der Großteil der Module derzeit noch ausschließlich in deutscher Sprache angeboten wird, sind ausreichende Deutschkenntnisse eine

unabdingbare Voraussetzung für ein erfolgreiches Studium im Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“.

Die Qualifikation für den Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ setzt den Nachweis der Eignung voraus, die im Rahmen des sog. Eignungsverfahrens (EV) festgestellt wird. Dabei gilt, dass die besonderen Qualifikationen und Fähigkeiten der Bewerberinnen und Bewerber dem Berufsfeld einer Ingenieurin bzw. eines Ingenieurs der angestrebten Ausrichtung Medizintechnik und Assistenzsysteme entsprechen. Einzelne Eignungsparameter sind (i) vorhandene Fachkenntnisse aus dem Erststudium auf dem Gebiet des Maschinenbaus in Anlehnung an den Bachelorstudiengang Maschinenwesen der TUM und (ii) Fähigkeit zu wissenschaftlicher bzw. grundlagen- und methodenorientierter Arbeitsweise. Die Bewerberinnen und Bewerber für den Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ legen im Rahmen des Eignungsverfahrens schriftlich dar, aufgrund welcher spezifischen Begabung und Interessen dieser Studiengang für sie besonders geeignet erscheint. Die Bewerberinnen und Bewerber können so ihre Eignung und Leistungsbereitschaft u.a. durch studiengangspezifische Berufsausbildungen, Praktika, Auslandsaufenthalte oder durch fachgebundene Weiterbildung, erzielt in ihrem Bachelorstudium, begründen.

3.3. Zielzahlen

In den letzten zehn Semestern (von WiSe2013/2014 bis SoSe2018) nahmen jeweils durchschnittlich 14 Studierende ein Masterstudium in Medizintechnik an der TUM auf. Ein Studienbeginn ist sowohl im Winter- als auch im Sommersemester möglich. Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Bewerber- und Anfängerzahlen seit WiSe2013/14. Die Bewerberzahl schwankte zwischen 29 (SoSe14) und 84 (WiSe16/17) (Fälle). Im Durchschnitt bewarben sich 59 Studieninteressierte pro Semester. Die Anzahl der Bewerberinnen und Bewerber ist in den letzten Jahren um diesen Mittelwert gependelt. Die Zahl der Anfängerinnen und Anfänger schwankte zwischen 7 (SoSe14) und 22 (WiSe15/16) pro Semester. Die durchschnittliche Zulassungsquote lag bei 23%. Gründe sind neben den fehlenden formalen Voraussetzungen, die fehlende fachliche Eignung vor allem externer Bachelorabsolventinnen und -absolventen. Viele verfügen nicht über die notwendige ingenieurwissenschaftliche Breite in ihrer abgeschlossenen Bachelorausbildung.

Nach Abschluss der Neustrukturierung der Masterstudiengänge im Maschinenwesen, die zu einer weiteren Attraktivitätssteigerung des Studiengangs beiträgt, rechnet die Fakultät mit einer Studienanfängerzahl von ca. 40 Studierenden pro Studienjahr. Trotzdem kann auch künftig ein angemessenes Betreuungsverhältnis zwischen Lehrenden und Studierenden insbesondere in Hochschulpraktika und bei der Betreuung von Studienarbeiten (siehe Kapitel 8) sichergestellt werden. Diese Annahme beruht auf der Überlegung, dass sich in Zukunft vermehrt Studierende, die bislang den sehr offen gehaltenen Masterstudiengang Maschinenwesen gewählt haben, in den Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ immatrikulieren werden. Diese Prognose scheint gerechtfertigt, da die Zahl der Prüfungen die von den Studierenden im Fach „Automatisierungstechnik in der Medizin“ abgelegt werden im Schnitt über die letzten 10 Semester jeweils ca. 40 betrug. Die damit einhergehende Verschiebung der Studierendenzahlen vom

Masterstudiengang „Maschinenwesen“ hin zum Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ wird das Betreuungsverhältnis nicht negativ beeinflussen.

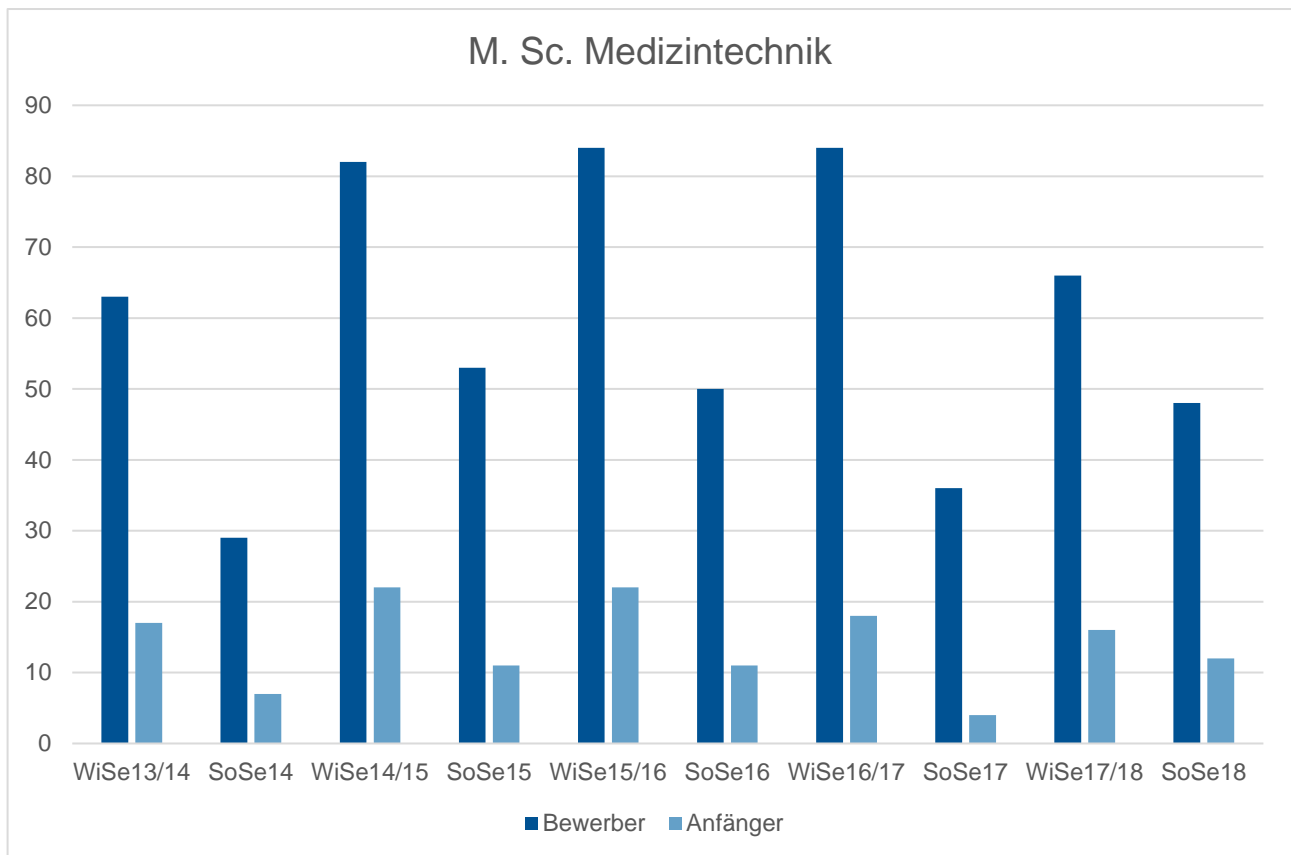


Abbildung 1. Bewerber- und Anfängerzahlen des Masterstudiengangs „Medizintechnik“ von WiSe13/14 bis SoSe18

4. Bedarfsanalyse

Zu aktuellen Zahlen, zur Beschäftigungssituation und den Bedarfen in der Branche gibt der BVMed-Jahresbericht 2017/18 des Bundesverbands Medizintechnologie e.V. Auskunft⁷. Allgemein gilt, dass von den in Deutschland rund 650.000 beschäftigten Ingenieurinnen und Ingenieuren in den nächsten 15 Jahren 370.000 in den Ruhestand gehen. Nachfolgen werden nach aktuellen Schätzungen nur rund 150.000. Das trifft in besonderem Maße die Medizintechnik. Die Medizintechnik ist mit 6 Prozent jährlich eine der weltweit stärksten wachsenden Branchen. In Deutschland hat sich das Wachstum im letzten Jahr auf 2,8 Prozent abgeschwächt. Grund ist unter anderem das Inkrafttreten der neuen EU-Medizinprodukteverordnung (MDR). Die Unsicherheit in dieser Branche muss durch interdisziplinär ausgebildete Fachkräfte aufgefangen werden. Darauf nimmt der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme durch den Schwerpunkt „Regularien & Studiendesign“ mit Veranstaltungen wie „Zulassung von Medizinprodukten“ in besonderem Maße Rücksicht.

Generell ist die Medizintechnik-Branche mit ihren 133.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, verteilt auf 1.250 Betriebe eine extrem innovative Branche, welche von exzellent ausgebildeten Fachkräften sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren abhängig ist. 93 Prozent der Betriebe sind Mittelständler mit weniger als 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Sie generierten etwa im Jahr 2016 mehr als 28 Milliarden Euro Umsatz, wobei der Exportanteil bei rund 65 Prozent liegt.

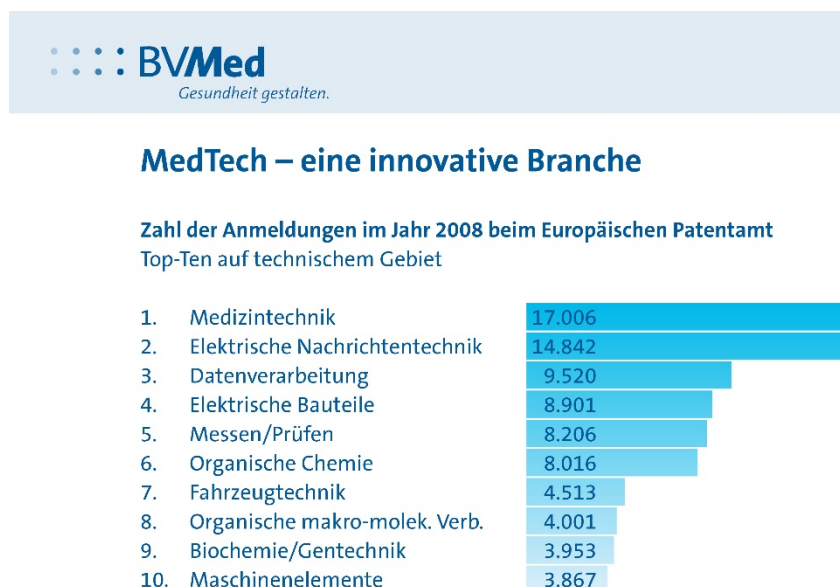


Abbildung 2. Anzahl von Patentanmeldungen jährlich im Branchenvergleich⁸

So überrascht es nicht, dass laut BVMed-Herbstumfrage 2017 von 91 Prozent der Unternehmen die Berufsaussichten als glänzend eingestuft werden. 88 Prozent der Unternehmen geben an, offene

⁷ BVMed-Jahresbericht 2017/18, Bundesverband Medizintechnologie e.V.

⁸ <https://www.bvmed.de/de/bvmed/mediathek/infografiken> (Zugriff 08.08.2018)

Stellen zu haben. Das ist gegenüber dem Vorjahr (85 Prozent) nochmals eine Steigerung. Dies gilt in besonderem Maße für Ingenieurinnen und Ingenieure.

Rund ein Drittel ihres Umsatzes erzielen die deutschen Medizintechnikhersteller mit Produkten, die höchstens drei Jahre alt sind. Durchschnittlich investieren die forschenden MedTech-Unternehmen rund 9 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung⁹. Der Innovations- und Forschungsstandort Deutschland spielt damit für die MedTech-Unternehmen eine besonders wichtige Rolle. Zum Vergleich: Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung am Umsatz beträgt in der äußerst innovativen Chemieindustrie 5 Prozent, in der verarbeitenden Industrie insgesamt 3,8 Prozent¹⁰. Nach Aussage der Medizintechnik-Studie vom BMBF ist der Forschungs- und Entwicklungsanteil am Produktionswert in der Medizintechnik mehr als doppelt so hoch wie bei Industriewaren insgesamt¹¹.

Sind bereits diese Zahlen schon beeindruckend, so muss eigentlich die Betrachtung von der ‚reinen‘ Medizintechnik auf den Bereich Gesundheitswirtschaft erweitert werden. Der demografische Wandel unserer Gesellschaft verschiebt nämlich den Einsatzort von technischer Unterstützung immer mehr aus dem Krankenhaus in die Pflegeheime und in die Wohnungen von möglichst lang autonom lebenden alten Personen. Es sind Themen wie Unterstützung der Pflegekräfte durch innovative ‚medizinische‘ Ansätze, Rehabilitation und Prävention, die in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen werden.

Vor allem diese Entwicklung berücksichtigt der Master „Medizintechnik und Assistenzsysteme“. Ingenieurinnen und Ingenieure werden ausgebildet um mechanische oder auch mechatronische Assistenzsysteme zu entwickeln und in den Einsatz zu bringen.

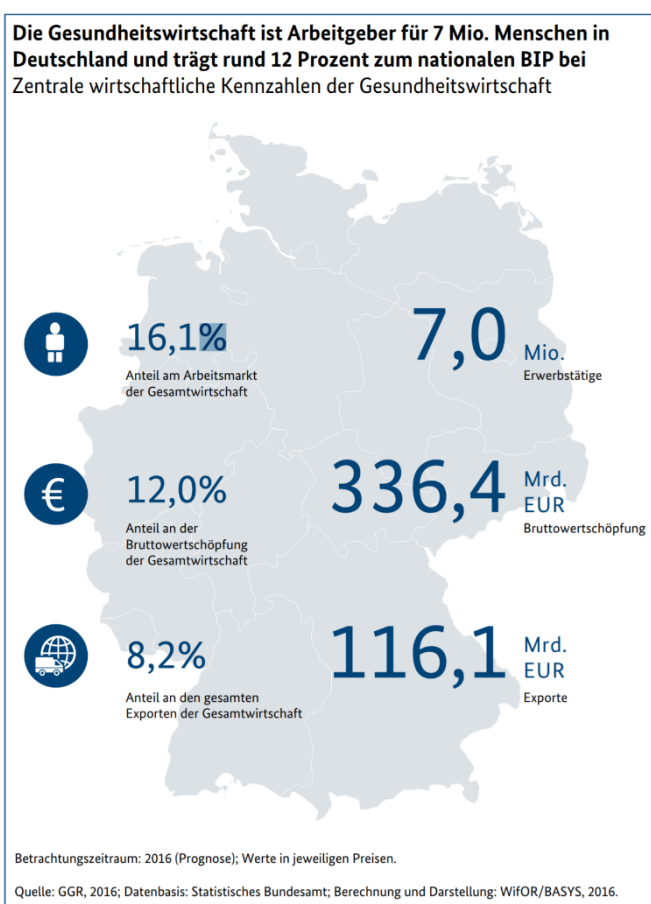


Abbildung 3: Bedeutung der Gesundheitswirtschaft¹²

⁹ Branchenbericht Medizintechnologien 2018

¹⁰ FAZ vom 26.4.2005, S. 13

¹¹ BMBF-Presstext vom 29.4.2005, Nr. 099/2005

¹² Gesundheitswirtschaft Fakten & Zahlen Ausgabe 2016, BMWi

Abschließend ist zu betonen, dass die Medizintechnik eine der Innovationstreiberinnen in Deutschland ist. Die Umsätze der Branche wachsen jährlich um knapp 6 Prozent¹³. Um eine der führenden Nationen in der Medizintechnik und den dafür benötigten Assistenzsystemen zu bleiben, muss Deutschland in der Lage sein, marktfähige Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Derzeit herrscht in Deutschland jedoch ein Mangel an qualifizierten Fachkräften in diesem Bereich.

¹³ BVMed-Jahresbericht 2017/18, BVMed – Bundesverband Medizintechnologie e.V., Lettershop Berlin GmbH 2018

5. Wettbewerbsanalyse

Im Folgenden wird erläutert, wie sich der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ im innerbayerischen, nationalen und internationalen Vergleich positioniert und wie er sich von bestehenden TUM-Angeboten unterscheidet.

5.1. Externe Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ steht im Wettbewerb zu Masterstudiengängen innerbayerischer, nationaler sowie internationaler Universitäten.

Innerhalb Bayerns bietet nur die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg einen vergleichbaren Masterstudiengang in Medizintechnik an. Die Studierenden wählen aus drei Vertiefungsrichtungen. So gibt es eine Vertiefungsmöglichkeit in Richtung „Medizinelektronik“. Hier werden Kompetenzen über Hardware- und Softwaresysteme medizintechnischer Geräte erworben. Im Bereich „Medizinische Bild- und Datenverarbeitung“ werden Einblicke und Kompetenzen auf dem Gebiet Softwaresysteme in der Medizintechnik vermittelt. In der Studienrichtung „Medizinische Gerätetechnik, Produktionstechnik und Prothetik“ wird die Kompetenz zur Entwicklung und Fertigung medizintechnischer Produkte unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit der biologischen Umgebung am oder im menschlichen Körper erworben.

Der TUM Masterstudiengang fokussiert wesentlich stärker auf die ingenieurtechnische Ausbildung. So werden werkstofftechnische Fragestellungen, Kompetenzen für den kinematischen Entwurf von Geräten, fertigungstechnische Möglichkeiten bis hin zu individualisierten Medizinprodukten aus dem 3D-Drucker beleuchtet und entsprechende Fähigkeiten vermittelt. Auch die Fokussierung auf Medizin außerhalb der Klinik in die Bereiche Sport, Pflege, Rehabilitation und Prävention sind bei weitem nicht so stark betont, wie auch Fragen der Zulassung gemäß DIN/ISO 13485.

Auch auf nationaler Ebene wurde das Angebot der acht anderen führenden deutschen Technischen Universitäten (TU9) auf vergleichbare Masterstudiengänge hin überprüft:

Zusammenfassend kann für alle TU9 Medizintechnikstudiengänge gesagt werden, dass die mechanische Seite der Gerätetechnik nicht in dem Maße wie an der TUM betont wird. Kinematische Zusammenhänge, Grundlagen der Genauigkeit und Präzision und konstruktionsmethodische Aspekte stehen an der TUM stärker im Vordergrund. Ein Alleinstellungsmerkmal an der TUM ist die starke Betonung von Assistenzsystemen außerhalb des Krankenhauses und die vertiefte Behandlung regulatorischer Anforderung und Studiendesign. Nicht zuletzt profitiert der Studiengang von der bewährten Vernetzung von 14 Fakultäten in Forschung und Lehre. Am Standort München sind darüber hinaus Kooperationsmöglichkeiten mit dem Robotikbereich der DLR, dem MSRM und unterschiedlichen Fraunhofer-Instituten möglich. Eine Vielzahl an medizintechnischen Firmen im Münchner Raum bieten für Studierende zudem spannende Kooperations- und Praktikumsmöglichkeiten.

- In Aachen ist der Masterstudiengang „Biomedizinische Technik“ an der Fakultät für Elektrotechnik angesiedelt. Die konstruktive Kompetenz wird daher nicht in dem gleichen Ausmaß vermittelt wie an der TUM. An der RWTH sind die inhaltlichen Schwerpunktmodule Tissue Engineering, Medical Imaging/Guided Therapy und Artificial Organs/Devices so gewählt, dass sie das charakteristische Aachener Profil in der Forschung im Bereich Biomedical Engineering wiedergeben.
- Der Masterstudiengang „Biomedizinische Technik“ in der TU Berlin kommt mit den Bereichen Rehabilitationstechnik, Arbeitswissenschaft und Produktergonomie noch am nächsten an den Bereich Muskuloskelettale Assistenzsysteme heran. Es fehlen aber die kinematische Vertiefung, Aspekte der Service-Robotik und der Bereich Regularien und Studiendesign.
- An der TU Braunschweig wird mit dem Masterstudiengang „Medizinische Informatik“ vor allem der informationstechnische Bereich der Gerätetechnik vertieft.
- An der TU Darmstadt wird der M.Sc. Medizintechnik gegenwärtig konzipiert. Er wird erst ab dem Wintersemester 2021/22 angeboten.
- In Dresden ist der Masterstudiengang „Medical Radiation Sciences“ in der Medizin angesiedelt. Hier werden die ‚Großgeräte‘ der medizinischen Bildgebung intensiv besprochen.
- Der Masterstudiengang Biomedizintechnik an der Leibniz Universität Hannover ist in drei Vertiefungsbereiche gegliedert: „Medizinische Verfahrens- und Implantattechnik“, „Medizinische Geräte- und Lasertechnik“, „Medizinische Bildgebung und Informatik“. Er ist wie an der TUM im Maschinenwesen angesiedelt, deckt aber wesentliche Bereiche des TUM Masterstudiengangs nicht ab.
- Das KIT in Karlsruhe bietet zurzeit keinen eigenen Studiengang Medizintechnik an.
- Die Universität Stuttgart bietet ebenfalls einen Masterstudiengang „Medizintechnik“ an, für den die oben genannten Abgrenzungen zutreffen.

Auch die an zahlreichen Hochschulen in Deutschland angebotenen Studiengänge grenzen sich dadurch ab.

Dies gilt ebenfalls für die im deutschsprachigen und weiteren europäischen Ausland. Wie z.B. an der ETH Zürich, die ihren Medizintechnik Masterstudiengang ebenfalls in Richtung Gerätemedizin in der Klinik ausrichtet.

Ungeachtet der inhaltlichen Bewertung stehen die vorhandenen Masterstudienprogramme in Medizintechnik und Assistenzsystemen angesichts des gegebenen Bedarfs an Fachkräften (siehe Kapitel 4) weder national noch international in unmittelbarer Konkurrenz.

5.2. Interne Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ steht TUM-intern im Wettbewerb mit dem geplanten Studiengang „Biomedical Engineering“ an der Munich School of BioEngineering, der aber seinen Schwerpunkt auf Themen der medizinischen Bildgebung legen wird. Ferner plant die Fakultät für Physik einen Master „Biosystems Engineering“, bei dem jedoch das Design lebensähnlicher Strukturen und Prozesse im Zentrum der Forschung und Ausbildung steht.

6. Aufbau des Studiengangs

Die Regelstudienzeit des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ beträgt vier Fachsemester. Ein Studienbeginn ist sowohl im Winter- als auch im Sommersemester möglich. Der Umfang der zu erbringenden Credits beträgt 120. Sie werden modular erbracht und teilen sich folgendermaßen auf:

- Wahlbereich Mastermodule: 60 Credits
- Wahlbereich Ergänzungsmodule: 9 Credits
- Wahlbereich Hochschulpraktika: 8 Credits
- Wahlbereich Schlüsselkompetenzen: 2 Credits
- Wahlbereich Forschungspraxis: 11 Credits
- Master's Thesis mit wissenschaftlich Arbeiten: 30 Credits

In jedem Semester sollen 30 Credits erlangt werden.

Abbildung 4: Darstellung des Studienplans eines viersemestrigen Masterstudiengangs

Semester	Module							Credits
1.	Mastermodul 1 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 2 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 3 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 4 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 5 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 6 (Wahl) 5 ECTS		30
2.	Mastermodul 7 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 8 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 9 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 10 (Wahl) 5 ECTS	Hochschul- praktikum 1 (Wahl) 4 ECTS	Hochschul- praktikum 2 (Wahl) 4 ECTS	SK* 2 ECTS	30
3.	Mastermodul 11 (Wahl) 5 ECTS	Mastermodul 12 (Wahl) 5 ECTS	Ergänzungs- modul 1 (Wahl) 3 ECTS	Ergänzungs- modul 2 (Wahl) 3 ECTS	Ergänzungs- modul 3 (Wahl) 3 ECTS	Forschungspraxis wiss. Ausarbeitung 11 ECTS		30
4.	Master's Thesis mit Seminar wiss. Ausarbeitung 30 ECTS							30

Erläuterungen:

*SK: Schlüsselkompetenzen

Mastermodule werden in der Regel mit einer schriftlichen Klausur mit einer Bearbeitungsdauer von 90 min abgeschlossen.

Ergänzungsmodule werden mit Prüfungsformen nach §41 der FPSO abgeschlossen.

Hochschulpraktika werden in der Regel mit einer Übungs- oder Laborleistung abgeschlossen.

Die Unterrichts- und Prüfungssprachen sind Deutsch und Englisch. Die Master's Thesis kann in deutscher oder englischer Sprache angefertigt werden. Der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ ist durchgängig auf Deutsch studierbar. In den Wahlbereichen „Mastermodule“, „Ergänzungsmodule“ und „Hochschulpraktika“ finden, dem interdisziplinären Ausbildungsansatz der Fakultät für Maschinenwesen folgend, thematisch passende Module aus einer Vielzahl anderer Fakultäten der TUM Eingang. Auch die Studien- und Abschlussarbeiten können in einem klar definierten Rahmen außerhalb der Fakultät unter der Betreuung fachlich qualifizierter Prüfender angefertigt werden.

Die klassische Lehrform im Wahlbereich Mastermodule ist – sofern nicht anders angegeben – eine Vorlesung mit einer daran anschließenden Zentralübung, im Wahlbereich Ergänzungsmodule eine Vorlesung. Die Lehrformen der anderen Modultypen werden in den entsprechenden Unterkapiteln erläutert. Ferner sind alle Lehrformate in den zugehörigen Modulbeschreibungen hinreichend beschrieben.

1. und 2. Fachsemester: Mastermodule, Hochschulpraktika und Schlüsselkompetenzen

Im ersten Studienjahr absolvieren die Studierenden in erster Linie Vorlesungen und Übungen aus dem Wahlbereich Mastermodule (Umfang je Modul: i.d.R. 5 Credits), über deren Besuch sie sich zügig die zentralen Inhalte ihres gewünschten Studienschwerpunkts aneignen und entsprechende fachliche Kompetenzen ausbilden. Ergänzt werden diese Module im 2. Fachsemester durch Hochschulpraktika (Umfang je Modul: i.d.R. 4 Credits), in denen die Studierenden lernen, unter Anleitung Lösungen zu anwendungsnahen ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen aus ihrem Studienschwerpunkt zu erarbeiten.

Wahlbereich Mastermodule

Im Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ stehen insgesamt 39 Mastermodule zur Auswahl. Sie sind auf vier Schwerpunktbereiche und fünf Profildbereiche plus dem Bereich „ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ aufgeteilt. Wie in Abbildung 5 und Abbildung 6 gezeigt, wurde diese Aufteilung gebildet, um den Studierenden einen Überblick über alle zentralen Fachbereiche der Medizintechnik und Assistenzsysteme zu vermitteln und gleichzeitig eine Vertiefung und/oder eine Verbreiterung des Wissens zu ermöglichen. Die Interdisziplinarität sowie der Erwerb umfassender Grundkenntnisse werden durch dieses Bausteinkonzept gewährleistet.

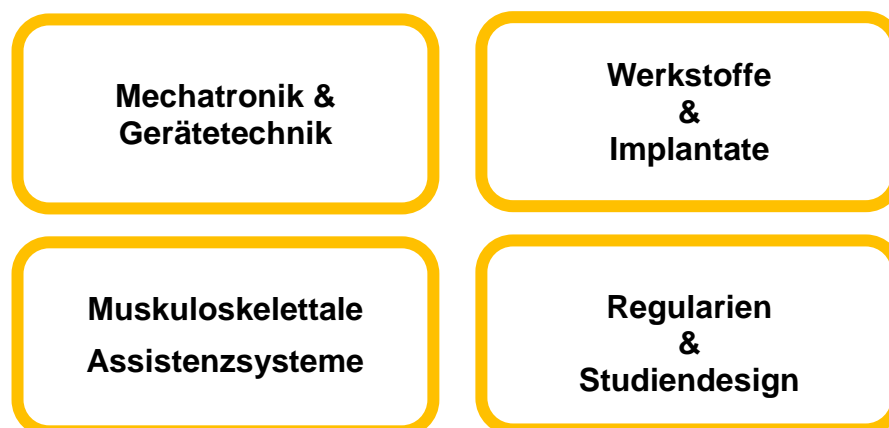


Abbildung 5. Schwerpunktbereiche des Masters „Medizintechnik und Assistenzsysteme“

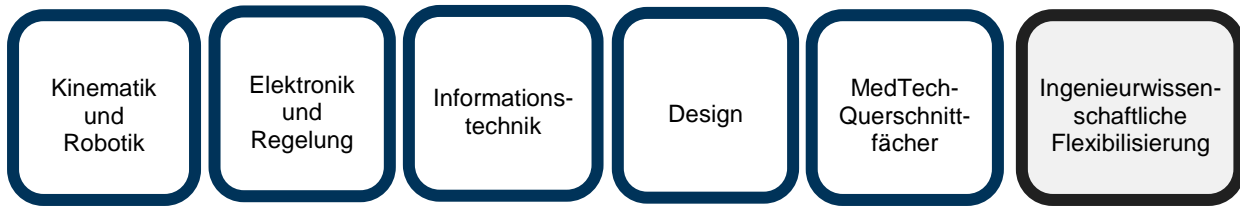


Abbildung 6. Profildbereiche des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“

Mastermodule im Umfang von mindestens 60 Credits, das heißt ca. 12 Mastermodule, müssen belegt werden. Aus den 4 Schwerpunktbereichen müssen aus mindestens 3 Bereichen jeweils mindestens 5 ECTS erbracht werden. Dadurch wird eine gewisse Mindestbreite der Ausbildung gewährleistet. Dies betont den im nationalen Vergleich einmaligen interdisziplinären Ansatz. Wobei hier mit dem Begriff interdisziplinär nicht zwingend biologische und medizinische Themen referenziert werden, sondern die interdisziplinäre Ingenieurausbildung im Vordergrund steht, ganz im Sinne einer mechatronischen Geräteentwicklung für medizinische Anwendungen – wobei hier auch immer die Assistenzsysteme außerhalb der Klinik mit einbezogen werden. Einen weiteren Akzent setzt der Schwerpunktbereich Regularien und Studiendesign, der ebenfalls ein Alleinstellungsmerkmal im Vergleich mit anderen Hochschulen darstellt.

Die vier Schwerpunktbereiche bestehen aus:

1. Bereich 1 „**Mechatronik & Gerätetechnik**“: Die Studierenden eignen sich über diesen Bereich die Fähigkeiten zur Definition, den Entwurf und die Inbetriebnahme von mechatronischen Geräten und Systemen an. Vertieft werden dabei auch Methoden der Bewegungstechnik, um Kinematiken im Zusammenhang sowohl mit minimalinvasiver Chirurgie wie auch den Entwurf von Handhabungsmechanismen zu vermitteln. Die Begrenzung auf drei Wahlmodule in dieser Säule soll sicherstellen, dass die Fixierung auf die angestrebten Kenntnisse gewährleistet ist. Entscheidet sich die/der Studierende für diesen Schwerpunktbereich muss sie/er mindestens 5 ECTS aus den folgenden Modulen belegen:
 - Automatisierungstechnik in der Medizin
 - Mechatronische Gerätetechnik
 - Bewegungstechnik

2. Bereich 2 „**Werkstoffe & Implantate**“: Dieser Bereich ermöglicht den Erwerb von Methoden und Fähigkeiten das Thema Werkstoffe in der Medizintechnik zu beherrschen. Dabei werden unter anderem Fragen der Biokompatibilität, Resorbierbarkeit und Sterilisierbarkeit geklärt. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Kunststoffen, die immer mehr an Bedeutung gewinnen, nicht zuletzt als Werkstoffe für den 3D-Druck. Folgende Module bilden diesen Bereich:
 - Grundlagen Medizintechnik: Biokompatible Werkstoffe 1
 - Biokompatible Werkstoffe 2 und Interdisziplinäres Seminar
 - Kunststoffe und Kunststofftechnik

3. Bereich 3 „**Muskuloskelettale Assistenzsysteme**“: Über diesen Bereich werden Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, für den Entwurf von Systemen zur Rehabilitation, zur körperlichen Unterstützung von Pflegekräften und alten Personen. Die zum Entwurf von

Exoskeletten notwendigen Methoden werden von den Modulen dieses Schwerpunktbereichs zur Verfügung gestellt:

- Digitale Menschmodellierung
- Produktionsergonomie
- Kinematische Auslegung von Gelenkstrukturen mit Matlab und Catia

4. Bereich 4 „**Regularien & Studiendesign**“: Dieser Bereich ist notwendig, um den Studierenden Fähigkeiten zu vermitteln den regulatorischen Anforderungen, welche der Zulassung von Medizingeräten zugrunde liegen, erfolgreich begegnen zu können. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Planung und Auswertungen von Studien, sowie das Wissen zur Erstellung von Medizingeräteproduktakten:

- Zulassung von Medizingeräten
- Versuchsplanung und Statistik 2
- Epidemiologie (Fakultät für Medizin)

Neben diesen Schwerpunktbereichen, welche den Studierenden erlauben sich in der Ausbildung gegenüber anderen Universitäten Alleinstellungsmerkmale in der Ausbildung anzueignen und persönliche Neigungen zu verfolgen, existieren weitere 5 Profildbereiche (siehe Abbildung 6). Je nachdem welche Schwerpunktbereiche die/der Studierende durch die Belegung mehrerer Module, über die vorgeschriebenen drei aus wenigstens drei Schwerpunktbereichen betont, kann sie/er die restlichen ETCS zur Verbreiterung ihres/seines Wissens oder zum Setzen eines individuellen Profils benutzen. In den 5 Profildbereichen findet sich entsprechend des interdisziplinären Ansatzes ein großes Angebot von Modulen anderer TUM-Fakultäten wieder.

Der Profildbereich „Kinematik und Robotik“ vertieft Aspekte die notwendig werden um Roboter in der Pflege oder dem Servicebereich einsetzen zu können.

- Roboterdynamik
- Montage, Handhabung und Industrieroboter
- Bewegungssteuerung durch geregelte elektrische Antriebe (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Elektrische Aktoren und Sensoren in geregelten Antrieben (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Humanoid Robotic Systems (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Robot Motion Planning (Fakultät für Informatik)

Der Profildbereich „Elektronik und Regelung“ sorgt für die Möglichkeit die bereits im Schwerpunktbereich vermittelten Fähigkeiten weiter auszubauen und weitere Module aus anderen TUM-Fakultäten zu belegen. Die Mechatronik mit ihren Methoden der Systembeschreibung und -regelung ist für die Entwicklung von Medizingeräten von größter Bedeutung. Hier gilt besonders, dass nicht nur Kenntnisse sondern Fähigkeiten erworben werden müssen, das Gelernte umzusetzen.

- Moderne Methoden in der Regelungstechnik 1
- Moderne Methoden in der Regelungstechnik 2
- Moderne Methoden in der Regelungstechnik 3
- Grundlagen elektrischer Maschinen (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)

- Mikroelektronik in der Mechatronik (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)

Der Profilbereich „Informationstechnik“ gibt den Studierenden die Möglichkeit sich mit einem für die Medizintechnik und Assistenzsystemen weiteren relevanten Gebiet, der Informationstechnik, auseinander zu setzen. Hier werden Fertigkeiten wie die Benutzung von Mikrocontrollern oder die Beherrschung von Echtzeitanforderungen vermittelt.

- Entwicklung intelligenter verteilter eingebetteter Systeme in der Mechatronik
- Advanced Topics of Software Engineering (Fakultät für Informatik)
- Optimierungsverfahren in der Automatisierungstechnik (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Computational Intelligence (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)

Der Profilbereich „Design“ vermittelt klassische Methoden der Produktentwicklung aber auch neueste Ergebnisse aus den Bereichen Strukturoptimierung

- Produktentwicklung und Konstruktion 2
- Multidisciplinary Design Optimization
- Systems Engineering
- Strukturoptimierung 1 (Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt)

Der Profilbereich „Medizintechnische Querschnittsfächer“ erweitert das Angebot z. B. mit Modulen zum „Faktor Mensch“, kerntechnischen Aspekten oder biologischen Systemen:

- Applikation von Radioaktivität in Industrie, Forschung und Medizin
- Biofluid Mechanics
- Menschliche Zuverlässigkeit
- Strahlung und Strahlenschutz
- Experimentelle Techniken zur Charakterisierung von Biomaterialien
- Systemtheorie der Sinnesorgane (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Neuroprosthetics (Fakultät für Elektro- und Informationstechnik)
- Biophysik (Fakultät für Physik)
- Introduction to Biological Imaging (Fakultät für Medizin)

Den Profilbereichen steht weiterhin der Bereich „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ zur Seite. Die Entwicklung der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen schreitet rasch voran. Zukunftsthemen wie Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Mobilität, Nachhaltigkeit und demographischer Wandel stellen globale Herausforderungen dar und liegen häufig im Überlappungsbereich unterschiedlicher Disziplinen. Um diesen Entwicklungen erfolgreich zu begegnen, sind Studiengänge nötig, die den Studierenden ein hohes Maß an Interdisziplinarität, Internationalität, Flexibilität und Individualisierbarkeit bieten.

Hier setzt die Säule „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ an. Die Studierenden haben innerhalb dieser Säule die Möglichkeit, die maximal 15 verbleibenden Mastermodul-Credits aus dem gesamten Mastermodulangebot der Fakultät für Maschinenwesen zu wählen. Darüber hinaus können auch ingenieurwissenschaftliche Mastermodule anderer Fakultäten der TUM und/oder in-

und ausländischer Universitäten nach Rücksprache mit der/dem Studiengangverantwortlichen in die Säule „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ eingebracht werden.

Indem Studierende bis zu drei ingenieurwissenschaftliche Mastermodule frei aus externen Lehrangeboten wählen, wird es ihnen ermöglicht, das ohnehin schon hohe Maß an Interdisziplinarität im Studiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ weiter zu steigern. Auch ingenieurwissenschaftliche Mastermodule, die im Rahmen eines Austauschstudiums abgelegt wurden und für die es keine inhaltliche Entsprechung im Mastermodulkatalog der Fakultät für Maschinenwesen gibt, können innerhalb der Säule „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ eingebracht werden. Der Wunsch, eigene inhaltliche Akzente zu setzen und ein eigenes Profil zu entwickeln, lässt sich in diesem Rahmen ebenfalls realisieren: Man kann ebenso in die Breite und über die Grenzen ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen hinweg studieren wie in die Tiefe. Hier wäre eine forschungsorientierte Modulzusammenstellung, in deren Rahmen ein spezielles Forschungsthema aus der eigenen Disziplin vertieft und die jeweilige Forschungsbasis verbreitert wird, ebenso denkbar wie ein breit aufgestelltes Studienprogramm.

Wahlbereich Hochschulpraktika

Alle Masterstudierenden der Fakultät für Maschinenwesen wählen ihre Hochschulpraktika (8 Credits, i.d.R. 2 Module) aus einem gemeinsamen Modulkatalog, der aktuell rund 146 Module umfasst. Einen kleinen Teil davon importiert die Fakultät aus den Angeboten der Fakultäten für Elektro- und Informationstechnik sowie Informatik und Medizin, um die Interdisziplinarität ihrer Ausbildung insbesondere in den Masterstudiengängen zu stärken, die an der Grenze zwischen Maschinenbau und anderen Ingenieur- sowie den Lebens- und Naturwissenschaften angesiedelt sind.

Die Hochschulpraktika dienen als Einführung in praktische ingenieurwissenschaftliche Methoden, (Software-)Werkzeuge und/oder Vorgehensweisen und sollen den/die gewählten Studienschwerpunkt/e inhaltlich sinnvoll ergänzen. In Anlehnung an den Studienschwerpunkt erfolgt somit eine weitere, praktisch geprägte, branchenspezifische, grundlagenorientierte oder anwendungsbeziehungsweise methodenorientierte Schwerpunktsetzung. Die Module haben i.d.R. eine Modulgröße von je 4 Credits, da sich der Workload der Praktika i.d.R. aus einem Praktikum mit 4 SWS (entspricht 60 Präsenzstunden bzw. 2 Credits) und 60 Eigenstudiumstunden (bzw. 2 Credits) ergeben. Vor dem Ziel einer sinnvollen Ergänzung der thematischen Schwerpunkte ist ein Modulumfang von insgesamt 8 Credits hinreichend, um die entsprechenden Qualifikationsziele des Masterstudiengangs zu erreichen. Die Aufteilung dieser 8 Credits auf zwei Module erfolgt, um den Studierenden eine individuelle und fachliche Spezialisierung in zumindest zwei Bereichen bzw. Praktika zu ermöglichen. Die Beschränkung auf ein Praktikum würde nicht nur die individuelle Wahl einschränken, sondern auch die Methodenausbildung. Für Studierende des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ empfehlen sich insbesondere folgende Praktika :

- Echtzeitfähige Geräte und Roboter
- Simulationstechnik
- Industrieroboterpraktikum
- Praktikum Entwicklung intelligenter verteilter eingebetteter Systeme in der Mechatronik - Praktikum
- Praktikum Systems Engineering

- Polymer-Praktikum
- Vaskuläre Systeme
- Finite Elemente in der Werkstoffmechanik (Praktikum)
- Praktikum Modellieren
- Individualisierte Entwicklung und Produktion im Bereich Mensch-Maschine-Interface am Beispiel von Sportgeräten (EPMMS)
- Ergonomisches Praktikum
- RAMSIS-Praktikum

Durch den Besuch eines Praktikums haben die Studierenden die Möglichkeit, ein tiefgehendes Verständnis ihres Interessensgebiets zu entwickeln und entsprechende Methoden praxisbezogen zu vertiefen.

Nach erfolgreichem Abschluss der Praktika besitzen die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis über das Zusammenspiel zwischen dem theoretischen Fundament und der praktischen Anwendung der erlernten Methoden, Softwarewerkzeuge und/oder Vorgehensweisen und können mit diesem Wissen Lösungen von realen ingenieurwissenschaftlichen Problemen aus ihrem gewählten branchenspezifischen, grundlagenorientierten oder anwendungs- beziehungsweise methodenorientierten Studienschwerpunkt entwickeln. Im Praktikum „Simulationstechnik“ werden zum Beispiel anwendungsbezogene Kompetenzen für die Modellierung und Simulation von technischen Produkten und Prozessen vermittelt. Die Studierenden lernen den Umgang mit den Simulationswerkzeugen Matlab/Simulink und die zur Abbildung von Zustandsautomaten spezialisierte Toolbox Stateflow zu nutzen, um kontinuierliche und ereignisorientierte Prozesse in einem Simulationsmodell abzubilden und mit Hilfe geeigneter theoretischer Methoden zu optimieren.

Die Hochschulpraktika finden üblicherweise in Kleingruppen statt. Studierende entwickeln hier selbstständig in Einzel- und/oder Gruppenarbeit Lösungen zu konkreten realitätsnahen Aufgaben und können in individuellen Besprechungseinheiten mit den Betreuenden Fragen klären und weiterführende Themen erörtern. So wird in den Hochschulpraktika im Masterstudium der Ansatz des forschenden Lernens, der bereits für das Projektseminar des Bachelorstudiums prägend war, wieder aufgegriffen und vertieft.

Wahlbereich Schlüsselkompetenzen

Abgerundet wird das erste Studienjahr des Masterstudiums durch die Wahl eines Angebots aus dem Wahlbereich Schlüsselkompetenzen (Umfang: 2 Credits). Je nach individuellen Bedürfnissen und Neigungen wählen Studierende aus einem der folgenden Angebote aus:

- Vom Zentrum für Schlüsselkompetenzen der Fakultät für Maschinenwesen angebotene Workshops und Trainings im Umfang von insgesamt 16 Stunden zur Stärkung der Selbst-, Sozial- und Methodenkompetenz der Teilnehmenden,
- von den Professuren der Fakultät für Maschinenwesen in Kooperation mit dem Zentrum für Schlüsselkompetenzen der Fakultät für Maschinenwesen angebotene Seminare (z. B. „Praxisnahe Soft Skills für mechatronische Projekte in Entwicklung und Produktion“ am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften). Der Erwerb von Soft Skills im Rahmen von Lehrstuhlangeboten an der Fakultät für Maschinenwesen erfolgt durch Fach-

Seminare mit erweiterter Verzahnung zu Soft Skills Inhalten. Die Veranstaltungen sind dabei jeweils im vollen SWS-Umfang zu erfüllen (2 separate Studienleistungen),

- von den Professuren der Fakultät für Maschinenwesen angebotene Seminare wie das Seminar „Führung in der Praxis“ (Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie) in direkter Kooperationen mit den Trainern vom Zentrum für Schlüsselkompetenzen der Fakultät für Maschinenwesen oder durch vom Zentrum für Schlüsselkompetenzen der Fakultät für Maschinenwesen geprüfte Konzepte sowie zielgruppenspezifische Trainer,
- ausgewählte Kurse der Carl von Linde-Akademie aus dem Bereich Ethik und Soziales (z. B. Ethik und Verantwortung – Eine Einführung in die Bioethik für Studierende der Naturwissenschaften; Ethics in Science and Technology - Introduction to Applied Ethics; Prototyping Neuro-Future through Science/Fiction),
- universitäre Sprachkurse in allen angebotenen Sprachen und auf allen Niveaustufen des europäischen Referenzrahmens.

Im Rahmen dieser Angebote haben Studierende die Möglichkeit, gezielt in den Bereichen Kompetenzen auf- und auszubauen, die sie für ihr weiteres berufliches Fortkommen für wichtig erachten. Dass für den Berufseinstieg neben fundierter Fachkompetenz auch Schlüsselkompetenzen zentral sind, ist unstrittig und wird regelmäßig über Unternehmensumfragen bestätigt. Siehe hierzu zum Beispiel die im Mai 2015 veröffentlichte Umfrage „Kompetent und praxisnah – Erwartungen der Wirtschaft an Hochschulabsolventen“ (<https://www.dihk.de/-themenfelder/aus-und-weiterbildung/schule-hochschule/hochschule>, Zugriff: 27.04.2018) des Deutschen Industrie- und Handelskammertags (DIHK) in Berlin.

Die überfachlichen Aspekte des Qualifikationsprofils, welche die Absolventinnen und Absolventen dazu befähigen, eine qualifizierte Berufstätigkeit und zivilgesellschaftliches Engagement auszuüben sowie die Persönlichkeit zu entwickeln, erfolgt nicht allein im Bereich der Schlüsselkompetenzen. Vielmehr umfassen eine Vielzahl von Modulen, insbesondere im Bereich der Ergänzungsmodule, der Forschungspraxis und der Master`s Thesis, Elemente der Persönlichkeitsentwicklung.

Ergänzungsmodule wie „Ingenieur im Vertrieb und Einkauf“ (MW0250) versetzen Studierende nicht nur in die Lage, komplexe Einkaufs- und Vertriebsstrukturen von Unternehmen zu verstehen. Sie beschäftigen sich auch mit der Thematik „Führung“ in verschiedenen Fach- und Unternehmensbereichen. Nach der Teilnahme am Ergänzungsmodul „Lebens- und Karriereplanung für Ingenieur/innen“ (POL70068) wissen die Studierenden um ihre eigenen Kompetenzen, kennen mögliche Berufsperspektiven und Chancen für den Berufseinstieg in Wissenschaft und Wirtschaft und haben Wissen über unterschiedliche Karriereentwürfe in Wissenschaft und Wirtschaft sowie über die Gesetzeslage erlangt.

In Semesterarbeits- oder Master`s Thesis-Projekten wie dem Gemeinschaftsprojekt „globalDrive“ (<https://www.ftm.mw.tum.de/lehre/internationale-studentenprojekte/>, Zugriff am 23.07.2018), das der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik seit mehreren Jahren mit wechselnden ausländischen Partneruniversitäten durchführt, arbeiten internationale Studierendengruppen mit Unterstützung von Industrieunternehmen an Aufgabenstellungen aus der Fahrzeugtechnik, welche die Zukunftsperspektiven der Fahrzeugtechnik unter globalen Aspekten betrachten. Grundlage für den

Erfolg und die Innovationen in der Fahrzeugtechnik ist die Beherrschung mechatronischer System. Ein Übertrag der dabei gewonnenen Erkenntnisse auf die Medizintechnik ist daher durchaus möglich. Zentral sind neben den rein fachlichen Aspekten Punkte wie Teambildung und vernetztes Arbeiten sowie Förderung von globalem Denken und multikultureller Zusammenarbeit.

Darüber hinaus gibt es an der Fakultät für Maschinenwesen eine Vielzahl herausragender studentischer Initiativen wie TUfast e. V. (<http://tufast.de/>, Zugriff am 23.07.2018), einen mitgliederstarken studentischen Verein, dessen Eco Team 2016 einen neuen Energieeffizienz-Weltrekord in der Kategorie „Most efficient electric vehicle“ aufstellte. Das Racing Team ist mit seinen selbstkonstruierten Rennwagen regelmäßig in der Formula Student international erfolgreich.

Auch das Hyperloop-Team der studentischen Gruppe WARR (<http://www.warr.de/de/>, Zugriff am 23.07.2018) war in jüngster Zeit wieder in den Schlagzeilen <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/hyperloop-studenten-muenchen-1.4065819>, Zugriff am 24.07.2018): Es holte sich beim Hyperloop Pod Competition bei SpaceX in Los Angeles im Juli 2018 wie schon im Vorjahr den Preis für den schnellsten Pod, diesmal mit einer Höchstgeschwindigkeit von über 466 km/h. Der Tesla-Gründer und Wettbewerbsinitiator Elon Musk, der das Hyperloop-Konzept, einen Hochgeschwindigkeitszug, der sich mit annähernd Schallgeschwindigkeit in einer Röhre mit Teilvakuum fortbewegen soll, entwickelt hat, verfolgte die Fahrt der Münchner Kapsel vor Ort.

Eine weitere beeindruckende studentische Initiative, die aus der Fakultät für Maschinenwesen erwachsen ist, ist die IKOM (<https://www.ikom.tum.de/de/>, Zugriff am 03.08.2018). Sie organisiert seit über 30 Jahren Karriereforen und weitere kostenlose Veranstaltungen, um den persönlichen Kontakt zwischen Studierenden und Berufseinsteigerinnen und -einsteigern einerseits und Unternehmen andererseits zu fördern. Derzeit stellen die rund 100 ehrenamtlichen studentischen Mitglieder der IKOM jährlich eine große und drei kleinere, spezialisierte Messen auf die Beine: die IKOM, die IKOM Bau, die IKOM Life Science und die IKOM Start-Up. Die Karrieremesse IKOM ist weit über den Großraum München hinaus bekannt und mit über 300 Unternehmen und rund 15.000 Besucherinnen und Besuchern Deutschlands größte studentische Karrieremesse.

Als gänzlich studentische Initiative zeichnet sich die IKOM insbesondere durch hohe Professionalität und Leistungsbereitschaft, hohe Selbstständigkeit und starken Zusammenhalt aus. Studierende, die sich in der IKOM engagieren, übernehmen bereits während des Studiums ein hohes Maß an Verantwortung. Sie fördern ihre Organisations- und Kommunikationsfähigkeit und lernen, strukturiert im Team zu arbeiten.

Heimat dieser und einer Reihe weiterer studentischer Initiativen ist die Fakultät für Maschinenwesen. Jede Initiative hat Anschluss an eine Professur im Maschinenwesen, die Anlaufstelle für fachliche und administrative Unterstützung ist und Infrastruktur (insbesondere Werkstattarbeitsplätze, Maschinen und Werkzeuge) zur Mitnutzung zur Verfügung stellt. Die Gruppen selbst sind Orte regen interdisziplinären und interkulturellen Austauschs, in denen sich Studierende unterschiedlichster Nationalitäten und Disziplinen – aus den Naturwissenschaften, der Informatik, den Ingenieurwissenschaften und den Wirtschaftswissenschaften – in Teams zusammenschließen, um gemeinsam an Projekten zu arbeiten und häufig die Teilnahme an hochkarätigen internationalen Wettbewerben vorzubereiten.

Studierende, die in diesen Gruppen aktiv sind, entwickeln ihre Persönlichkeits-, Methoden- und Sozialkompetenz und nehmen vielfältige Anregungen mit, die weit über das rein Fachliche hinausgehen. Sie sammeln praktische Erfahrungen insbesondere im Projektmanagement (Termine, Kosten, Personal, Kommunikation, ...), in interdisziplinärer und interkultureller Teamarbeit aber auch in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit und der Sponsorensuche.

3. und 4. Fachsemester: Mastermodule, Ergänzungsmodule, Forschungspraxis und Master's Thesis

Im zweiten Studienjahr absolvieren die Studierenden zusätzliche Mastermodule, erweitern ihre fachlichen Kompetenzen durch die Wahl von drei Ergänzungsmodulen und werden über das Modul Forschungspraxis gezielt im eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten ausgebildet. Im Rahmen der Master's Thesis (mit Seminar „Schlüsselkompetenzen für die wissenschaftliche Praxis - Vertiefung“) erfährt diese Kompetenz eine weitere Vertiefung.

Wahlbereich Ergänzungsmodule

Charakteristisch für den umfangreichen Wahlmodulkatalog der Ergänzungsmodule (aktuell ca. 175 Module) ist, dass hier häufig Lehrveranstaltungen von Lehrbeauftragten angeboten werden, die auf eine langjährige berufliche Praxis außerhalb der Universität zurückblicken. Auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen geben Einblick in spezielle Forschungsrichtungen. Die Ergänzungsmodule haben sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudium 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.

Für Studierende des Masterstudiengangs „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ empfehlen sich eine Reihe von Ergänzungsmodulen (Ringvorlesung Bionik; Patent-, Marken- und Musterrecht für Ingenieure: Eine Einführung; Multifunktionelle polymerbasierte Komposite; Grundlagen der Biophysik kompakt; Designprinzipien in Biomaterialien - die Natur als Ingenieur; Biomechanik des Ohres), die einen Blick auf nützliche Werkzeuge für die Medizintechnik, auf spezifische Anwendungsbeispiele, aber auch auf Verbindungen der Medizintechnik mit anderen Disziplinen (wie zum Beispiel der Medizin) eröffnen.

Das Konzept der Ergänzungsmodule wird sowohl von den Studierenden als auch deren späteren Arbeitgebern gut aufgenommen, da es sowohl ein individuelles Studium als auch fachliche Spezialisierung und Verbreiterung zulässt. Die Ergänzungsmodule haben insgesamt einen Umfang von 9 Credits, wobei sich diese auf 3 Module zu je 3 Credits aufteilen. Diese Aufteilung begründet sich dadurch, dass den Studierenden innerhalb des Ergänzungsbereichs ein vielfältige Wahl ermöglicht werden soll, um den eigenen Interessen und Neigungen folgen bzw. entsprechend der angestrebten fachlichen und überfachlichen Ziele wählen zu können und so die dargelegten Qualifikationsziele des Studiengangs zu erreichen. Diese flexible Gestaltung ermöglicht dabei die Wahl sowohl in die Breite als auch in die Tiefe.

Wahlbereich Forschungspraxis

Innerhalb des Wahlbereichs „Forschungspraxis“ entscheiden sich die Studierenden entweder für eine Semesterarbeit, eine wissenschaftliche Arbeit im Rahmen eines Teamprojekts oder ein Forschungspraktikum. Jede der drei genannten Optionen wird benotet und mit 11 Credits kreditiert. Für den Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ kommen insbesondere Arbeiten in den Bereichen Gerätetechnik, Service- und Unterstützungsrobotik in Frage, wobei die Dokumentation der erreichten Ergebnisse sich an den Aufbau einer Medizinproduktakte zu orientieren hat.

Semesterarbeit

Durch die Teilnahme am Modul Semesterarbeit üben die Studierenden Tätigkeiten einer Mechatronik-Ingenieurin/eines Mechatronik-Ingenieurs. Die Semesterarbeit ist als Projektarbeit konzipiert. Jede/r Studierende bearbeitet ein üblicherweise vorgegebenes Projekt in Einzelarbeit und wird hierbei von einer eigenen Prüferin/einem eigenen Prüfer unterstützt, die/der zu Beginn der Arbeit in das Thema einführt, geeignete Literatur zur Verfügung stellt und Hinweise sowohl bei der fachlichen Arbeit als auch bei der Erstellung der schriftlichen Ausarbeitung gibt.

Das Modul Semesterarbeit knüpft an die Kompetenzen an, welche sich die Studierenden im Rahmen der Bachelor's Thesis erworben haben und vertieft diese. Ziel des Moduls ist es, die Studierenden in die Lage zu versetzen, eine wissenschaftliche Problemstellung aus dem Themenfeld der Mechatronik mit den im Studium erlernten Methoden weitgehend eigenständig zu bearbeiten und gestützt auf die relevante Fachliteratur zu beurteilen. Ihr fundiertes Knowhow nutzen sie selbständig und zielgerichtet, um eine konkrete interdisziplinäre Problemstellung zu bearbeiten und im notwendigen Umfang zu dokumentieren. Die Ergebnisse werden ausgewertet, zusammengefasst, von den Studierenden auf Plausibilität überprüft und wissenschaftlich interpretiert. Auf dieser Basis sind die Studierenden fähig, neue Beobachtungen und Erkenntnisse zu formulieren. Die Bearbeitung erfolgt nach einem selbstständig erstellten Projektplan innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit.

Am Ende des Moduls sind die Studierenden darüber hinaus mit den Richtlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis vertraut. Sie sind sicher im Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit, insbesondere im wissenschaftssprachlichen Ausdruck, in Zitierregeln, in der Strukturierung der Arbeit sowie der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

Teamprojekt

Die Option „Teamprojekt“ ist hinsichtlich Inhalt, Methoden und Zielsetzung mit der Semesterarbeit weitgehend identisch. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass das Einzelprojekt der/des Studierenden in einem größeren Projektzusammenhang angesiedelt ist, in dem mehrere Studierende unter Anleitung einer Prüferin/eines Prüfers parallel Teilaspekte eines Projekts bearbeiten. Dies eröffnet vermehrt Möglichkeiten zum fachlichen Austausch innerhalb des Projektteams, was fachliche Synergien mit sich bringen kann und zu einer weiteren Stärkung der sozialen Kompetenzen beiträgt. Der individuelle Beitrag jeder Studierenden und jedes Studierenden muss dabei eindeutig zuzuordnen sein und wird benotet.

Forschungspraktikum

Das Forschungspraktikum wird – wie Semesterarbeit und Teamprojekt – an einer Hochschulprofessur, die an der Fakultät für Maschinenwesen prüfungsberechtigt ist bzw. einer mit der Fakultät kooperierenden wissenschaftlichen Forschungseinrichtung erbracht. Ziel des Moduls ist es, dass Studierende unter Anleitung von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen oder Mitarbeitern eine eigene ingenieurwissenschaftliche Problemstellung herausarbeiten und mögliche Lösungswege identifizieren, die in der anschließenden Master's Thesis bearbeitet werden kann. Ergänzt werden kann dieses Format um seminarartige Zusatzveranstaltungen, Journal Clubs (Peer Review in Kleingruppen) und Retreats (mehrtägige Klausuren zur Vertiefung und Diskussion wissenschaftlicher Themen), die der Anwendung von Präsentationstechniken sowie der Fähigkeit zur Analyse und Bewertung von Lösungsmöglichkeiten und entsprechender Kommunikation dienen.

Pflichtmodul „Master's Thesis“ (mit Seminar „Schlüsselkompetenzen für die wissenschaftliche Praxis - Vertiefung“)

Das Modul „Master's Thesis“ knüpft inhaltlich, methodisch und in Bezug auf die Zielsetzung an die Forschungspraxis an und trägt dazu bei, die dort erworbenen Kompetenzen zu weiten und zu vertiefen. Auch im Rahmen der Master's Thesis arbeiten die Studierenden an einem interdisziplinären Ingenieurprojekt, das allerdings deutlich umfangreicher und anspruchsvoller ist als die Bachelor- bzw. Semesterarbeitsprojekte. Zwar steht auch hier eine Prüfende/ein Prüfender als Ansprechpartner/in zur Verfügung, auf eine weitestgehend eigenständige Bearbeitung des Projekts wird jedoch besonderen Wert gelegt. Die zu erbringenden Leistungen sind eine wissenschaftliche Ausarbeitung, die von einem Abschlussvortrag begleitet wird, sowie die Teilnahme am Seminar „Schlüsselkompetenzen für die wissenschaftliche Praxis - Vertiefung“.

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, wissenschaftliche Problemstellungen aus der Medizintechnik eigenständig zu bearbeiten und mit dem Fachwissen aus dem Studium sowie mit relevanter Fachliteratur, die selbstständig herangezogen wird, eigene Methoden und Lösungsansätze zu entwerfen. Die Studierenden wenden erlernte Methoden und Werkzeuge der Mechatronik auf eine umfangreiche ingenieurwissenschaftliche Problemstellung an und lernen sowohl die Vorteile als auch die Grenzen dieser Methoden zu erkennen. Die Ergebnisse werden ausgewertet, zusammengefasst, von den Studierenden auf Plausibilität überprüft und wissenschaftlich gerechtfertigt. Auf Basis ihrer Ergebnisse sind die Studierenden fähig ihre neuen Methoden und Lösungsansätze zu rechtfertigen und zu beweisen. Die Bearbeitung erfolgt nach einem selbstständig erstellten Projektplan innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit.

Weiter sind die Studierenden in der Lage, ohne Hilfestellung einer Betreuerin/eines Betreuers eine wissenschaftliche Arbeit selbstständig zu verfassen und dabei die Richtlinien zur guten wissenschaftlichen Praxis anzuwenden. Das beinhaltet umfassende Kenntnisse bezüglich des wissenschaftssprachlichen Ausdrucks und der Zitierregeln, des Aufbaus der Arbeit sowie der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

Im Bereich Präsentieren beweisen sie ihre rhetorischen und fachlichen Fähigkeiten. Sie überzeugen durch einen strukturierten Vortrag, in dem sie wichtige Aspekte der Master's Thesis kompakt aber

vollständig innerhalb der vorgegebenen Vortragszeit verständlich und nachvollziehbar einem Fachpublikum vorstellen und vor diesem vertreten.

Im Seminar „Schlüsselkompetenzen für die wissenschaftliche Praxis - Vertiefung“ erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse zur Gestaltung ihrer Master's Thesis. Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Erstellung der wissenschaftlichen Abschlussarbeit sollen verinnerlicht werden. Themenfelder sind hierbei schwerpunktmäßig, die Forschergruppen zu kennen, die weltweit an vergleichbaren Themen arbeiten, einen Überblick über die Forschungsdebatten zum Thema zu gewinnen und zielführend in die eigene Argumentation zu integrieren, die methodische Vorgehensweise im kritischen Spannungsfeld der Wissenschaft zu reflektieren, sowie das wissenschaftliche Publizieren innerhalb der eigenen Forschergruppe nach Möglichkeit zu erproben.

Mobilitätsfenster

Studierende, die einen Auslandsaufenthalt in ihr Studium integrieren wollen, können dies grundsätzlich in allen Fachsemestern des Masterstudiums tun: Das vielfältige Angebot von Master- und Ergänzungsmodulen sowie Hochschulpraktika und Schlüsselkompetenzen, die zum Teil im Winter-, zum Teil im Sommersemester besucht werden können, die Forschungspraxis und die Master's Thesis, die auch bei einer Partnerinstitution im Ausland durchgeführt werden können, bringen die für den Auslandsaufenthalt nötige Flexibilität in den Studienplan.

Im Ausland erbrachte Leistungen im Bereich der Ergänzungsmodule werden auf Antrag beim Masterprüfungsausschuss der Fakultät für Maschinenwesen anerkannt, sofern kein wesentlicher Unterschied vorliegt. Für Mastermodule gibt es folgende Anerkennungsmöglichkeiten: Module mit einem Umfang von mindestens 5 Credits, für die im Mastermodulkatalog der Fakultät für Maschinenwesen äquivalente Module ermittelt werden können, werden – sofern noch keine Präzedenzfälle existieren – auf Antrag durch die fachlich zuständigen Lehrenden auf ihre Anerkennbarkeit hin überprüft. Existieren Präzedenzfälle, ist eine Überprüfung seitens der Lehrenden hinfällig. In diesem Fall entscheidet der Masterprüfungsausschuss auf der Grundlage einer Anerkennungsliste, die regelmäßig aktualisiert wird. Die Liste ist auf der Website der Fakultät für Maschinenwesen abrufbar: <https://www.mw.tum.de/studium/formulare-downloads/>

Module mit einem Umfang von mindestens 5 Credits, für die im Mastermodulkatalog der Fakultät für Maschinenwesen keine äquivalenten Module ermittelt werden konnten, können – nach Rücksprache – im Umfang von maximal 15 Credits in dem Bereich „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“ anerkannt werden. Auch für diese Module wird eine Anerkennungsliste geführt und veröffentlicht.

Planen Studierende einen studienbezogenen Auslandsaufenthalt, stehen ihnen an der Fakultät für Maschinenwesen folgende Optionen zur Verfügung:

- Ein ein- oder zweisemestriger ERASMUS-Studienaufenthalt an einer der derzeit über 80 europäischen Partneruniversitäten der Fakultät für Maschinenwesen,
- ein zwei- bis viersemestriges double degree-Studium an einer von derzeit zehn überwiegend europäischen Partneruniversitäten der Fakultät für Maschinenwesen, für welches sowohl der Master of Science (TUM) als auch der Abschluss der Partneruniversität verliehen wird,

- ein Studienaufenthalt bei einem universitären Kooperationspartner einer Professur im Maschinenwesen, häufig genutzt zur Erstellung einer Semesterarbeit oder einer Master's Thesis,
- ein ein- oder zweisemestriger Studienaufenthalt an einer der zahlreichen außereuropäischen Partneruniversitäten der TUM über das TUMexchange-Programm,
- ein ein- oder zweisemestriger Praktikumsaufenthalt im Ausland.

Darüber hinaus steht es den Studierenden frei, Auslandsaufenthalte außerhalb bestehender Partnerschaften privat zu organisieren.

7. Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Organisatorisch ist der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ an der Fakultät für Maschinenwesen angesiedelt. Der Großteil der Wahlmodule wird durch das Lehrpersonal der Fakultät angeboten. Vor allem die Fakultäten für Elektro- und Informationstechnik, Informatik und Medizin, stellen weitere Module für diesen Studiengang zur Verfügung.

Dezentrale Ansprechpartnerin für Studieninteressierte (Studienfachberatung) und bei Fragen zur Studienorganisation ist:

Frau Dr.-Ing. Anna Reif
 studienberatung@mw.tum.de
 +49 (0)89 / 289 - 15022
 Raum: MW 0026a

Zentral steht das Studierenden Service Zentrum (SSZ), Abteilung Studienberatung und Schulprogramme zur Verfügung.

Für das formale Bewerbungsverfahren ist das SSZ der TUM, Abteilung Bewerbung und Immatrikulation zuständig. Im Rahmen der fachlichen Eignungsfeststellung werden die Bewerberinnen und Bewerber betreut durch:

Frau Lisa Lauterbach
 bewerbungen@mw.tum.de
 +49 (0)89 / 289 – 15697
 Raum: MW 0026a

Die Prüfungsorganisation obliegt dem Master-Prüfungsausschuss:

Schriftführerin: Frau Rosemarie Nadig
 mpa@mw.tum.de
 +49 (0)89 / 289 - 15695
 Raum: MW 0012

Sachbearbeitung: Frau Maria Schottenheim
 mpa@mw.tum.de
 +49 (0)89 / 289 - 15693
 Raum: MW 0011a

Frau Sarah Jean Reiner
 mpa@mw.tum.de
 +49 (0)89 / 289 - 15694
 Raum: MW 0011a

Die zentralen Prüfungsangelegenheiten (Bescheide, Abschlussdokumentationen) liegen beim SSZ, Abteilung Zentrale Prüfungsangelegenheiten, Campus Garching.

Planen Studierende einen studienbezogenen Auslandsaufenthalt, steht ihnen in den Zentralen Diensten – Studienangelegenheiten

Frau Saskia Ammon
saskia.ammon@mw.tum.de
+49 (0)89 / 289 - 15021
Raum: MW 2011

als Ansprechpartnerin zur Verfügung. Frau Ammon kümmert sich in erster Linie um Studierende, die einen ERASMUS-Studienaufenthalt oder ein double degree-Studium an einer Partneruniversität der TUM planen oder durchführen. Die Zuständigkeit für das ERASMUS-Praktikumsprogramm sowie einen Studienaufenthalt über TUMexchange liegt beim International Center der TUM.

Die Gesamtverantwortung sowie Koordination liegt beim jeweils amtierenden Studiendekan. Seit dem 01.10.2016 ist dies Herr Prof. Dr.-Ing. Manfred Hajek. Er wird bei der Wahrnehmung der damit verbundenen Aufgaben unterstützt durch seine Referentin, Frau Dr. Ingrid Mayershofer (Tel.: +49 (0)89 / 289 - 15020; ingrid.mayershofer@mw.tum.de). Diese fungiert auch als Ansprechpartnerin für Studierende mit Behinderungen und chronischen Erkrankungen.

8. Entwicklung im Studiengang

Die Fakultät für Maschinenwesen hat im Lauf des Jahres 2017 beschlossen, ihr Masterstudiengangportfolio insgesamt zu verdichten, es internationaler, interdisziplinärer, flexibler und für Studieninteressierte transparenter zu machen und in noch größerem Umfang an den Zukunftsthemen auszurichten, an denen die TUM als Ganzes arbeitet.

8.1. Übersicht über die Neuerungen

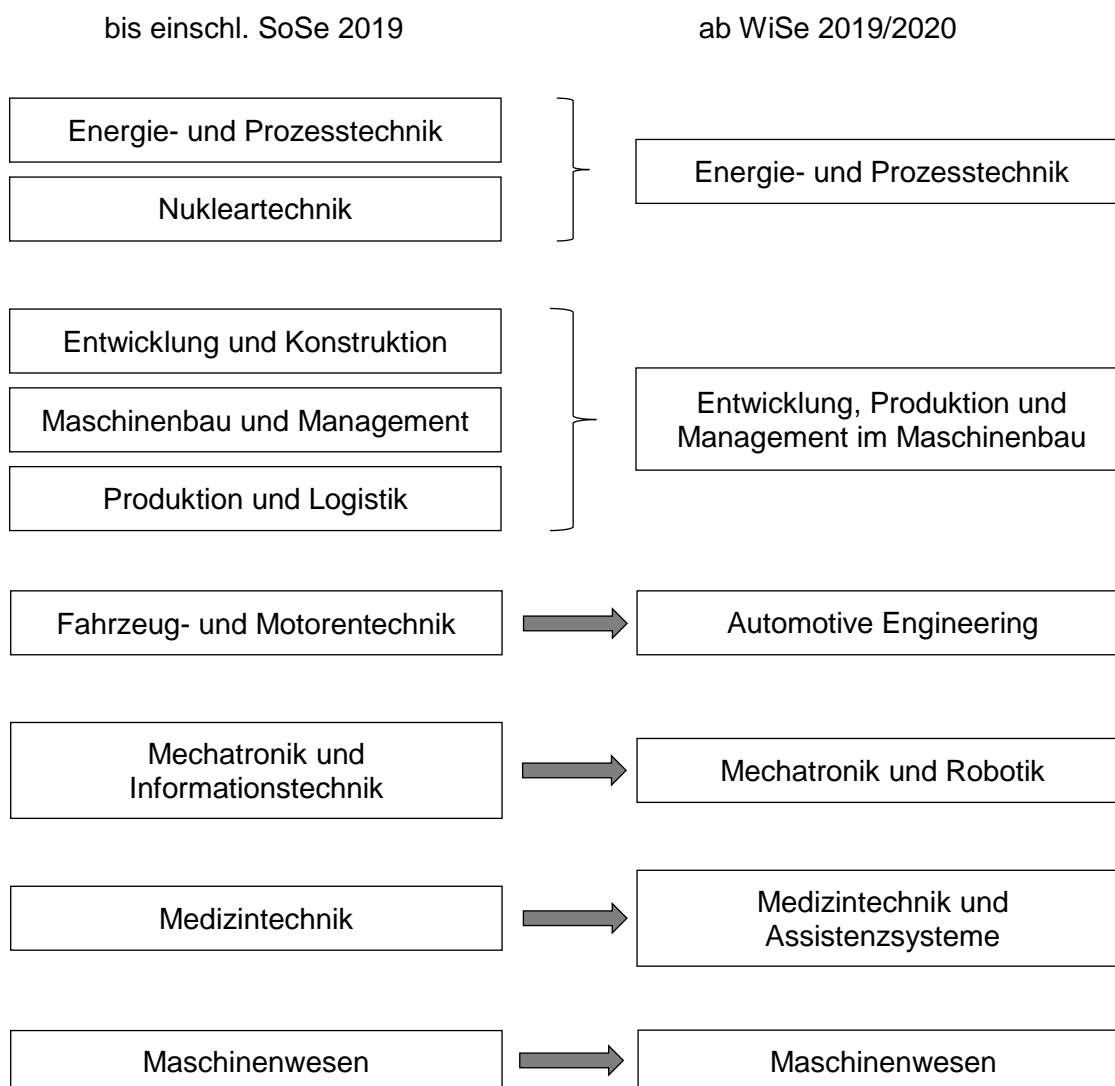


Abbildung 2: Darstellung der Neuerungen

Aus diesen Grundüberlegungen heraus – Verdichtung, Internationalisierung, Steigerung der Interdisziplinarität, Flexibilisierung und Transparenz, Ausrichtung an Zukunftsthemen – setzt die Fakultät zum Wintersemester 2019/20 folgende Neuerungen um:

1. Verdichtung des Studiengangportfolios von bislang zehn auf künftig sieben Masterstudiengänge. Zusätzlich einzurichtende joint degrees etc. bleiben hiervon unbenommen.
2. Internationalisierung des Studiengangs Aerospace durch Anlage als offenen Hybridstudiengang (studierbar auf Deutsch und / oder auf Englisch), mittelfristig Umstellung des Studiengangs Automotive Engineering auf offenen Hybrid sowie Ausweitung der Anerkennungsmöglichkeiten für alle Masterstudiengänge im Maschinenwesen über die Säule „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“.
3. Steigerung der Interdisziplinarität durch gezielte Weitung der Modulkataloge insbesondere in den Studiengängen Aerospace, Automotive Engineering, Energie- und Prozesstechnik, Entwicklung, Produktion und Management im Maschinenbau, Mechatronik und Robotik sowie Medizintechnik und Assistenzsysteme.
4. Flexibilisierung und Individualisierungsmöglichkeiten über die Säule „Ingenieurwissenschaftliche Flexibilisierung“.
5. Mehr Transparenz für Studieninteressierte durch Gruppierung der zentralen Module in thematischen Säulen.
6. Fokussierung der Zukunftsthemen Gesundheit und demographischer Wandel, nachhaltige Energieversorgung, nachhaltige Mobilität sowie ganzheitliches, an der fortschreitenden Digitalisierung ausgerichtetes Engineering des Produktentstehungsprozesses.

8.2. Entwicklung im Studiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“

Der Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ nimmt die Traditionslinie des nunmehr auslaufenden Masterstudiengangs Medizintechnik auf. Eine wesentliche Neuerung gegenüber seinem Vorgänger liegt in der Erweiterung um die Entwicklung und den Einsatz von Assistenzsystemen. Diese Integration ist notwendig geworden, um diesen immer wichtiger werdenden Bereich in Bezug auf Anwendungen im und auch außerhalb des Krankenhauses wissenschaftlich zu durchdringen. Auch die immer wichtiger werdenden Aspekte der regulatorischen Anforderungen bis hin zum Studiendesgin für den Wirksamkeitsnachweis von Medizinprodukten bereichern das Studienangebot.

Eingedenk der Tatsache, dass das zentrale Zukunftsthema „Alternde Gesellschaft“ nicht im Alleingang auf der Grundlage des Wissensbestandes einer Disziplin sinnvoll bearbeitet werden kann, hat die Fakultät für Maschinenwesen den neuen Studiengang äußerst interdisziplinär angelegt: Die Studierenden haben die Möglichkeit, im Rahmen ihrer Schwerpunkt- und Profildbereiche neben geeigneten Modulen aus dem Maschinenwesen auch aus einem vorgegebenen Katalog an Modulen aus der Elektro- und Informationstechnik der Informatik, den Sport- und Gesundheitswissenschaften, der Medizin und der Physik zu wählen. Zusätzlich steht es ihnen frei, im Rahmen der ingenieurwissenschaftlichen Flexibilisierung weitere Module aus den genannten oder anderen Fakultäten zu wählen. Auch Hochschulpraktika, Ergänzungsmodule und

Studienarbeiten können in einem bestimmten Umfang an anderen Fakultäten der TUM erbracht werden.

Die Prinzipien Interdisziplinarität und Flexibilisierung machen aber nicht an den Grenzen der TUM-Fakultäten Halt: Die Anerkennung von ingenieurwissenschaftlichen Modulen, die an anderen in- und ausländischen Hochschulen erbracht wurden, wird ebenfalls erleichtert, was zusätzlich zu einer Steigerung der Internationalität des Studiengangs beiträgt.

Um die Modulkataloge immer auf dem aktuellsten Stand zu halten und Neuerungen rasch aufzunehmen, wird im Rahmen des Studiengang-Qualitätszirkels halbjährlich über die Neuaufnahme und die Streichung von Modulen beraten. Wenn die neu gegründete Munich School of Bioengineering (MSB) und die Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM) ihren Lehrbetrieb aufgenommen haben, wird die Fakultät für Maschinenwesen – die Bereitschaft der Schools vorausgesetzt – zum Beispiel auch Module von dort in ihren Studiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ integrieren.

Für die Studierenden wird der Studiengang nicht nur interdisziplinärer, flexibler, internationaler und aktueller. Er eröffnet über die Profildomänen auch gewisse Spielräume zur Individualisierung des Studienprogramms. Die Zuordnung der Mastermodule zu den vier Schwerpunktbereichen erleichtert darüber hinaus die Orientierung und steigert die Transparenz des Studienangebots.

Insgesamt ist so ein zukunfts- und wettbewerbsfähiger Studiengang entstanden, an dessen Weiterentwicklung und Aktualität wir kontinuierlich arbeiten. Wir werden Ingenieurinnen und Ingenieure ausbilden, die in der Lage sind einen wichtigen Beitrag für die Lösung drängender gesellschaftlicher Herausforderung im Umfeld des anstehenden demografischen Wandels, zu leisten.