

TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU

Studienordnung für den Studiengang Biomedizinische Technik mit dem Abschluss „Master of Science“

- in der Fassung der Ersten Änderung -

Gemäß § 3 Abs. 1 in Verbindung mit § 34 Abs. 3 des Thüringer Hochschulgesetzes (ThürHG) vom 21. Dezember 2006 (GVBl. S. 601), zuletzt geändert durch Art. 16 des Gesetzes vom 21. Dezember 2011 (GVBl. S. 531), erlässt die Technische Universität Ilmenau (nachstehend „Universität“ genannt) auf der Grundlage der Prüfungsordnung – Allgemeine Bestimmungen – für Studiengänge mit dem Studienabschluss „Bachelor“ und „Master“ (PO-AB) der Universität, veröffentlicht im Verkündungsblatt der Universität Nr. 115/2013, in der jeweils geltenden Fassung, und der Prüfungsordnung – Besondere Bestimmungen - (PO-BB) für den Studiengang Biomedizinische Technik mit dem Abschluss „Master of Science“, veröffentlicht im Verkündungsblatt der Universität Nr. 123/2013 in der jeweils geltenden Fassung, folgende Studienordnung für den Studiengang Biomedizinische Technik mit dem Abschluss „Master of Science“.

Der Rat der Fakultät für Informatik und Automatisierung hat die Erste Änderung der Studienordnung am 22. April 2015 beschlossen. Der Senat hat mit Beschluss vom 2. Juni 2015 positiv Stellung genommen. Der Rektor hat sie am 3. September 2015 genehmigt. Sie wurde dem Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft mit Schreiben vom 4. September 2015 angezeigt.

Inhaltsübersicht

- § 1 Geltungsbereich
- § 2 Regelstudienzeit, Profiltyp
- § 3 Studienvoraussetzungen
- § 4 Ziel des Studiums, Berufsfeld
- § 5 Inhalt und Aufbau des Studiums, Studienplan
- § 6 Lehr- und Lernformen
- § 7 Studienfachberatung
- § 8 In-Kraft-Treten

Anlagen

- Anlage Studienplan
- Anlage Zugangsvoraussetzungen
- Anlage Profilbeschreibung

§ 1 Geltungsbereich

(1) Die Studienordnung (StO) regelt auf der Grundlage der Prüfungsordnung – Allgemeine Bestimmungen – für Studiengänge mit dem Studienabschluss „Bachelor“ und „Master“ (PO-AB) der Universität, veröffentlicht im Verkündungsblatt der Universität Nr. 115/2013, und der Prüfungsordnung – Besondere Bestimmungen – (PO-BB) für den Studiengang Biomedizinische Technik mit dem Abschluss „Master of Science“ Inhalte, Ziel, Aufbau und Gliederung des Studiums.

(2) Alle Personen- und Funktionsbezeichnungen in dieser Ordnung gelten für Männer und Frauen in gleicher Weise.

§ 2 Regelstudienzeit, Profiltyp

(1) Der Studienplan in der Anlage ist Bestandteil dieser Ordnung und so gestaltet, dass das Studium mit allen Prüfungs- und Studienleistungen einschließlich der Masterarbeit in der Regelstudienzeit von 3 Semestern abgeschlossen werden kann.

(2) Der Studiengang hat gemäß der vom Akkreditierungsrat aufgestellten Kriterien den Profiltyp „stärker forschungsorientiert“.

§ 3 Studienvoraussetzungen

Neben den allgemeinen Zugangsvoraussetzungen für die Zulassung zu einem Masterstudiengang nach dem Thüringer Hochschulgesetz gelten die in der Anlage Zugangsvoraussetzungen zu dieser Ordnung geregelten besonderen Zugangsvoraussetzungen für diesen Studiengang.

§ 4 Ziel des Studiums, Berufsfeld

Ziel des Masterstudiums „Biomedizinische Technik“ ist die Ausbildung von Absolventen, die mit ihrer fundierten ingenieurwissenschaftlichen Basis, ihrer hervorragenden methodischen Kompetenz, ihrem ausgeprägten Verständnis für aktuelle medizinische Fragestellungen und mit ihren praxisnahen medizin-technischen Kenntnissen erfolgreich in ihrem attraktiven interdisziplinären Berufsfeld als Partner des Arztes in der medizinischen Forschung und klinischen Praxis, in der medizintechnischen Forschung und Entwicklung, in der Applikation und in vielfältigen weiteren Aufgaben in der medizintechnischen Industrie wirksam werden. In der Anlage Profilbeschreibung werden die Qualifikationsziele und die Berufsfelder ausführlich benannt.

§ 5 Inhalt und Aufbau des Studiums, Studienplan

(1) Das Studium hat einen Gesamtumfang von 90 Leistungspunkten (LP) und ist modular aufgebaut. Ein Modul besteht aus einer oder mehreren inhaltlich und zeitlich aufeinander abgestimmten Lehrveranstaltungen und ist als Lerneinheit zu verstehen.

Die einzelnen Module beinhalten die Vermittlung bzw. Erarbeitung des Stoffgebietes und der entsprechenden Kompetenzen. Alle Pflicht- und Wahlpflichtmodule sind im Modulhandbuch abgebildet. Ein Modul kann Inhalte eines einzelnen Semesters oder eines Studienjahres umfassen, sich aber auch über mehrere Semester erstrecken. Es wird empfohlen, alle Module in der im Studienplan festgelegten Reihenfolge zu studieren.

- (2) Das Curriculum wird in der Anlage Profilbeschreibung ausführlich beschrieben.
- (3) Studierende, die einen Doppelabschluss (Double Degree) im Rahmen einer Kooperation mit einer Partnerhochschule anstreben, absolvieren abweichend von dem in der Anlage Profilbeschreibung beschriebenen Curriculum Leistungen an der Partnerhochschule gemäß der Bestimmungen der jeweiligen Kooperationsvereinbarung.
- (4) Den Studierenden wird empfohlen, neben den fachspezifischen Modulen auch über den im Studienplan vorgeschriebenen Umfang hinaus Angebote der Wirtschafts-, Rechts-, Arbeits- und Medienwissenschaften, des Studium Generale, des Europastudiums und des Spracheninstituts wahrzunehmen.
- (5) Für den Erwerb des Grundlagenwissens, Fachwissens und für die Vertiefung sowie Erweiterung der in den Lehrveranstaltungen dargebotenen Lehrinhalte ist das Studium wissenschaftlicher Literatur unerlässlich.
- (6) Die Studierenden sind aufgefordert, in den Selbstverwaltungsgremien der Universität mitzuarbeiten.

§ 6 Lehr- und Lernformen

Das Studium sieht als hauptsächliche Form der Lehrveranstaltungen Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare, Exkursionen, Designprojekt und Literatureseminar vor. Diese Veranstaltungsformen sind wie folgt zu beschreiben:

- Vorlesung
Zusammenhängende Darstellung des Lehrstoffes einschließlich der Behandlung fachspezifischer Methoden durch den Vortragenden. Individuelles Nacharbeiten mit Hilfe von Lehrbüchern wird erwartet.
- Übung
Festigung und Vertiefung von fachspezifischen Kenntnissen und Fähigkeiten durch Lösung auf das Vorlesungsgebiet bezogener Aufgaben.
- Seminar/ Hauptseminar
Erarbeitung komplexer Fragestellungen und wissenschaftlicher Erkenntnisse. Fachliche Grundkenntnisse werden vorausgesetzt. Im Rahmen eines Seminars werden die Referate durch die Studierenden gehalten.
- Praktikum
Anwendung fachspezifischer Methoden bei der Durchführung von Experimenten und Messungen, schriftliche Ausarbeitung von Versuchs- und Messprotokollen.

- Exkursion
Anschauungsunterricht außerhalb der Hochschule.
- Designprojekt
Es werden Kenntnisse über den Entwicklungsprozess in Forschung und Industrie vermittelt. Anhand ausgewählter Beispielaufgaben aus den Fachgebieten der Technischen Wahlpflichtfächer werden die Studierenden in die Lage versetzt, eine unscharfe Aufgabenstellung zu analysieren, einen Lösungsvorschlag daraus abzuleiten und diesen umzusetzen. Sie lernen die Herausforderungen der Teamarbeit sowie den Teamentwicklungsprozess kennen und grundlegende Kenntnisse im Projekt- und Zeitmanagement anzuwenden.
- Literatureseminar
Ziel der Veranstaltung ist es, die Studierenden zu befähigen, aktuelle Fachliteratur zu verstehen und einzuordnen sowie wissenschaftlichen Diskussionen führen zu können. Ziel ist außerdem das Erwerben von Fähigkeiten im Bereich der Teamarbeit (Teams von ca. 6 Studierenden bearbeiten ein Thema).
Es werden Fähigkeiten der Präsentation und Fähigkeiten im Bereich des Vermittelns von Wissen erworben. Die Studierenden kennen und verstehen die Grundlagen der jeweiligen Publikationen, können diese bewerten und weitervermitteln.

Diese Zusammenstellung schließt andere Veranstaltungsformen oder die Kombination von Veranstaltungsformen, z.B. die Integration von Exkursionen in Übungen, nicht aus.

§ 7 Studienfachberatung

- (1) Die Fakultät für Informatik und Automatisierung benennt einen Studienfachberater.
- (2) Die individuelle Studienberatung wird durch den Studienfachberater sowie das Referat für Bildung der Fakultät für Informatik und Automatisierung durchgeführt.

§ 8 In-Kraft-Treten

Diese Ordnung tritt am Tag nach der Veröffentlichung im Verkündungsblatt der Universität in Kraft.

Ilmenau, 3. September 2015

gez.
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil.
Dr. h. c. Prof. h. c. mult. Peter Scharff
Rektor

Studienordnung für den Studiengang Biomedizinische Technik mit dem Abschluss „Master of Science“
in der Fassung der 1. Änderung

Anlage Studienplan

Module / Fächer	Modul-/ Fachart	Abschlussverpflichtung (Form und Dauer der PL ist im Modulhandbuch definiert)	Gewi- cht	FS			Sum- me LP	
				1.	2.	3.		
				SS	WS	SS		
				LP	LP	LP		
Biosignalverarbeitung	P	MP				12		
Biosignalverarbeitung 2	p		PL		4			
Bildverarbeitung in der Medizin 1	P		PL		4			
KIS, Telemedizin, eHealth	P		PL		4			
Biomedizinische Technik	P	MP				7		
Verfahren der Biomedizinischen Messtechnik	P		PL		4			
Bildgebende Systeme in der Medizin 2	P		PL		3			
Literatureseminar/ Praktikum/ Hauptseminar BMT Msc	P					8		
Literatureseminar	P		S		1			
Praktikum BMT Msc	P		Sb		4			
Hauptseminar BMT Msc	P		Sb		3			
Designprojekt BMT Msc	P	MP				6		
Designprojekt BMT Msc	P		PL		6			
Wahlmodul (1 aus 6) BMT Msc	P	MP				12		
Ophtalmologische Technik	WP		siehe Katalog					
Radiologische Technik / Strahlenschutz	WP		siehe Katalog					
Kognitive Robotik	WP		siehe Katalog					
Biomechanik	WP		siehe Katalog					
Bioelektromagnetismus	WP		siehe Katalog					
Elektromedizinische Technik	WP		siehe Katalog					
Technisches Nebenfach BMT Msc	P					9		
Fächer aus dem verabschiedeten Katalog	W		Sb		5	4		
Nichttechnisches Nebenfach BM Msc	P					6		
Fächer aus dem Angebot der TU Ilmenau	W		Sb		4	2		
Master-Arbeit mit Kolloquium	P	MP				30		
Master-Arbeit	P		PL			24		
Kolloquium zur Masterarbeit	P		PL			6		
Summe SWS					30	30	30	90
Leistungspunkte		LP						
Modulprüfung (generiert)		MP						
Prüfungsleitung		PL						
benotete Studienleistung		Sb						
Pflicht		P						
Wahlpflicht		WP						
Wahl		WP						

Anlage: Zugangsvoraussetzungen

(1) Die Zulassung zum Studiengang Biomedizinische Technik ist – unbeschadet der allgemeinen Zugangsvoraussetzungen – vom Bestehen der Eignungsprüfung abhängig. Die Eignungsprüfung dient der Feststellung, ob die Bewerber den besonderen fachspezifischen Anforderungen für den Studiengang Biomedizinische Technik genügen.

(2) Gegenstand der Eignungsprüfung ist der Nachweis der fachspezifischen Eignung in Form einer Kombination der in Abs. 4 bis 6 benannten und anhand von Punktzahlen gewichteten Merkmale. Für das Bestehen der Eignungsprüfung muss der Bewerber mindestens eine Gesamtpunktzahl von 70 Punkten erreichen.

(3) Das Masterstudium setzt Kenntnisse in folgenden Bereichen und in folgender Ausprägung voraus:

a. Die Bewerber sind in der Lage, sich in neue mathematische Begriffe und Schreibweisen einzuarbeiten, die physikalisch-technischen Anwendungsfälle von neuen mathematischen Disziplinen zu erfassen sowie bei vorgelegten physikalisch-technischen Aufgaben das passende mathematische Handwerkszeug auszuwählen und richtig verwenden zu können. Sie sind in der Lage, den Zusammenhang und den Unterschied von mathematischen und physikalisch-technischen Modellen zu erfassen und hieraus folgernd den Geltungsbereich mathematischer Ergebnisse in Bezug auf technische Aufgabenstellungen abzuschätzen und die durch die Mathematik gelieferten Vorhersagen für das Verhalten von technischen Systemen zu beurteilen.

b. Die Bewerber sind in der Lage, Problemstellungen der Physik in ihrer Gesamtheit zu begreifen, zu beschreiben und eigenständig Lösungswege aufzuzeigen. Sie sind in der Lage, sich sicher in der Modellwelt der Physik zu bewegen und ihre Erscheinungen in den späteren Fachvorlesungen oder der ingenieurwissenschaftlichen Praxis selbständig verstehen und erklären zu können. Die Bewerber besitzen Kenntnisse in der klassischen Physik, den physikalischen Grundlagen wie Mechanik von Punktmassen, Thermodynamik und Wellen, Elektromagnetische Felder, Wellenoptik und Nichtlineare Optik bis hin zur nicht-klassischen Physik der quantenmechanischen Grundprinzipien, der Kernphysik und der subatomaren Teilchen.

c. Die Bewerber besitzen das notwendige Verständnis für die physikalischen Zusammenhänge und Erscheinungen des Elektromagnetismus sowie der Umwandlung von elektrischer Energie in andere Energieformen. Die Bewerber sind in der Lage, elektrische und elektronische Schaltungen und Systeme zu analysieren, deren Verhalten mathematisch zu beschreiben und auf die Praxis anzuwenden. Die Bewerber sind fähig, selbstständig ein konkretes Problem aus der Elektrotechnik, z. B. in Form einer komplexen Schaltung, sicher zu analysieren, zu beschreiben und zu neuen Lösungen zu kommen und ggf. alternative Lösungswege aufzeigen sowie ihre Kenntnisse und Fertigkeiten auf dem Gebiet der Elektrotechnik auch auf anderen Anwendungsgebieten in der ingenieurwissenschaftlichen Praxis anzuwenden.

d. Die Bewerber besitzen das notwendige Verständnis über die Eigenschaften typischer Bauelemente der Elektronik wie Halbleiterdioden, Transistoren, Sensoren,

etc. und können durch ihr Wissen auf dem Gebiet der Signaltheorie und Linearer Systeme selbstständig und sicher komplexe Strukturen unter systemtheoretischen Gesichtspunkten analysieren und alternative Lösungen nach ihren Vor- und Nachteilen für das Gesamtsystem eigenständig bewerten, um so die objektiv beste Lösung aufzufinden.

e. Die Bewerber besitzen grundlegende Kompetenzen auf dem Gebiet der biomedizinischen Technik in Diagnose und Therapie. Die Bewerber kennen und verstehen die Modellierungsstrategien in biologischen Systemen, können diese analysieren, bewerten und anwenden sowie für gegebene Teilsysteme Modelle entwerfen. Sie verstehen die Modellierungsstrategien als Grundlage für die Entwicklung von Diagnose- und Therapieverfahren. Die Studierenden sind mit den metrologischen Grundlagen vertraut und können die wichtigsten biomedizintechnischen Messverfahren und Sensorprinzipien erkennen und bewerten sowie typische biomedizintechnische Messaufgaben analysieren und unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten lösen. Sie sind in der Lage, diese Kompetenzen in den Syntheseprozess medizinischer Messtechnik einfließen zu lassen. Die Bewerber kennen und verstehen die grundlegenden Wirkprinzipien ausgewählter biomedizinischer Therapietechnik, können diese analysieren, bewerten und beim Syntheseprozess mitwirken. Die Bewerber sind in der Lage, Fach-Methoden- und Systemkompetenz für biomedizinische Technik in der Diagnostik und Therapie in interdisziplinären Teams zu vertreten. Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Wechselwirkungen zwischen biomedizinischer Technik und Gesellschaft sowie ethische Aspekte in der Medizintechnik zu verstehen und zu bewerten sowie bei der Entwicklung von Medizintechnikprodukten zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Sachverhalte der biomedizinischen Technik klar und korrekt zu kommunizieren.

f. Die Bewerber kennen und verstehen den grundsätzlichen Aufbau und die wesentlichen physiologischen Funktionen des menschlichen Körpers inklusive der neurobiologischen Informationsverarbeitung und deren elektrophysiologischer Abbildung. Sie können deren Interaktion analysieren, bewerten und verstehen ihre Anwendung durch Ärzte. Sie verstehen die rationale Basis der wesentlichen Diagnose- und Therapieverfahren. Sie kennen die Schädigungsmechanismen von Zellen durch ionisierende Strahlung, verstehen deren Implikationen für die Anwendung von Strahlung auf den Menschen und besitzen die Kompetenz, mögliche strahlenschutzrelevante Gefahrenquellen zu identifizieren.

g. Die Bewerber besitzen Kernkompetenzen im Bereich der medizinischen Bilddatenerfassung, der Berücksichtigung sicherheitsrelevanter Aspekte in der Medizin und der methodischen Ansätze im Kontext der Biosignalanalyse und der neuronalen Informationsverarbeitung und Mustererkennung. Die Bewerber begreifen Bilderzeugungssysteme in der Medizin als spezialisierten Gegenstands- und Methodenbereich der biomedizinischen Technik, der sich mit Analyse, Synthese und Optimierung sowie mit der Qualitätssicherung der Anwendung von radiologischen Bilderzeugungssystemen in der Medizin beschäftigt. Zudem sind sie in der Lage, Gefahrenquellen und Risiken im Krankenhaus und bei medizintechnischen Produkten zu erkennen, zu bewerten und angemessene Maßnahmen zur Korrektur einzuleiten. Die Bewerber kennen und verstehen die wesentlichsten physikalischen und physiologischen Wechselwirkungsprinzipien zwischen Strom, Strahlung und menschlichem Organismus. Dar-

über hinaus besitzen die Bewerber die Kompetenz, die mit Hilfe der biomedizinischen Technik, insbesondere der Messtechnik, gewonnenen Signale als Informationsträger zur Charakterisierung des menschlichen Gesundheitszustandes zu benutzen. Das methodische Basiswissen zur Signalverarbeitung ist den Bewerber bekannt und kann von ihnen auf die konkreten Anforderungen einer medizinischen Signalanalyse erweitert und bewertet werden. Neben klassischen Methoden können die Bewerber die Ergebnisse auch mit Hilfe neuronaler und probabilistischer Methoden klassifizieren und analysieren.

(4) Der Abschluss gemäß § 60 Absatz 1 Nr. 4 ThürHG wird bewertet:

- in äquivalenten Studiengängen mit 50 Punkten,
- in nahezu äquivalenten Studiengängen mit 40 Punkten: z. B. Biomedizinische Technik mit anderer Ausrichtung,
- in nah verwandten Studiengängen mit 30 Punkten: z. B. Elektrotechnik und Informationstechnik, Mechatronik und Ingenieurinformatik,
- in sonstigen Studiengängen mit 20 Punkten: z. B. Medizin, Biologie.

Zusätzlich wird der Grad der Qualifikation nach der Abschlussnote bewertet:

- a) sehr gut = 20 Punkte
- b) gut = 10 Punkte
- c) befriedigend = 5 Punkte.

(5) Die Erzielung einer Abschlussnote „gut“ oder „sehr gut“ in den folgenden drei studiengangrelevanten Fächergruppen oder äquivalenten Fächern

- a. Medizinische Grundlagen,
- b. Biomedizinische Technik und
- c. Biosignalverarbeitung,

ebenso der Abschluss einer Bachelorarbeit bzw. einer gleichwertigen Abschlussarbeit mit mindestens der Note „gut“ sowie der Nachweis einer qualifizierten Berufserfahrung von mindestens einem Jahr wird jeweils mit 5 Punkten bewertet. Maximal können 20 Punkte erzielt werden.

(6) Erreicht der Bewerber nicht die Gesamtpunktzahl, wird seine Eignung in einer mündlichen Prüfung mit einer Dauer von 30 Minuten festgestellt. Diese dient zur Feststellung

- der Grundkenntnisse über das gewünschte Wahlmodul,
- ggf. der Berufserfahrung und
- der Sprachkompetenz (für Bewerber ohne Abschluss an einer deutschen Hochschule).

Das Vorliegen dieser Kompetenzen ist insgesamt mit bis zu 20 Punkten zu bewerten.

(7) Im Rahmen der Eignungsprüfung entscheidet der Prüfungsausschuss.

Anlage: Profilbeschreibung des Masterstudienganges Biomedizinische Technik

1. Zielstellung/Qualifikationsprofil des Masterstudienganges Biomedizinische Technik

Biomedizinische Technik (BMT) ist Technik für das Leben. Sie wirkt unmittelbar für das Wohl des Menschen. Ihr Ziel ist die Erforschung und Entwicklung von technikorientierten Methoden und Systemen zur Früherkennung, Diagnose, Therapie und Rehabilitation von Krankheiten. BMT ist ein multidisziplinäres Wissenschaftsgebiet an der Nahtstelle zwischen Medizin und Technik mit außerordentlich hoher Entwicklungsdynamik. Aktuelle Studien weisen ihr einen Platz unter den zehn Spitzentechnologien des 21. Jahrhunderts zu.

International und national ist Medizintechnik ein wichtiger Wirtschaftsfaktor; sie ist ein prosperierender Hightech - Bereich mit langfristig hervorragenden Zukunftschancen. Der Markt für medizintechnische Produkte und Systeme gehört zu den attraktivsten Wachstumsmärkten auf globaler Ebene. In den Industrienationen wächst dieser Markt mit 6 bis 7 % pro Jahr, in den Regionen Asien (ohne Japan) und Lateinamerika mit über 12 %. Die deutsche medizintechnische Industrie nimmt auf dem Weltmarkt für medizintechnische Produkte eine führende Stellung ein. Sie belegt hinter den USA und Japan den dritten Platz. Ihre Exportquote ist mit etwa 70% überproportional hoch.

Die Biomedizinische Technik als multidisziplinäres, ingenieurwissenschaftliches Gebiet hat sich mit ihren vielfältigen methodischen und ingenieurtechnischen Beiträgen eine exzellente Position als unverzichtbarer Partner für die medizinische Forschung und Praxis und die medizintechnische Industrie erarbeitet.

Der Master of Science für Biomedizinische Technik baut als konsekutiver, forschungsorientierter, universitärer Studiengang auf eine Ausbildung als Bachelor of Science in der Biomedizinischen Technik oder anderen ingenieurwissenschaftlichen Abschlüssen auf und qualifiziert für eine berufliche Karriere in der medizintechnischen Industrie, in Kliniken oder in Behörden.

Das Ziel des forschungsorientierter Masterstudienganges Biomedizinische Technik ist die Ausbildung von Absolventen, die mit ihrer fundierten ingenieurwissenschaftlichen Basis, ihrer hervorragenden methodischen Kompetenz, ihrem ausgeprägten Verständnis für aktuelle medizinische Fragestellungen und mit ihren praxisnahen medizintechnischen Kenntnissen erfolgreich in ihrem attraktiven interdisziplinären Berufsfeld als Partner des Arztes in der medizinischen Forschung und klinischen Praxis, in der medizintechnischen Forschung und Entwicklung, in der Applikation und in vielfältigen weiteren Aufgabenfeldern in der medizintechnischen Industrie wirksam werden.

Charakteristisch für das Ilmenauer BMT-Studienangebot sind folgende Merkmale:

- Das universitäre BMT-Studium baut auf fundierten naturwissenschaftlich- technischen Grundlagen auf.
- Das Studium fördert eine intensive Forschungsorientierung.
- Es ist zugleich stark praxisorientiert.

Im Einzelnen werden den Absolventinnen und Absolventen folgende Kenntnisse vermittelt:

1. Absolventinnen und Absolventen haben detailliert Kenntnisse über Aufbau und Funktionen des menschlichen Körpers. Sie besitzen grundlegende Kompetenzen auf dem Gebiet der biomedizinischen Technik in Diagnose und Therapie. Sie kennen und verstehen die in der Klinik eingesetzten Verfahren, können diese analysieren, bewerten und anwenden, sowie neue Methoden und Systeme entwerfen.
2. Absolventinnen und Absolventen erwerben an aktuellen Problemen der Biosignalanalyse, der medizinischen Bildgebung und Bildverarbeitung und der Telemedizin die Fähigkeit, das ihnen bekannte Methodenspektrum sachrichtig anzuwenden und in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Sie können die wichtigsten biomedizinischen Messverfahren und Sensorprinzipien erkennen und bewerten, sowie typische medizintechnische Messaufgaben analysieren und lösen.
3. Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Fach-, Methoden- und Systemkompetenz für Biomedizinische Technik in der Diagnostik und Therapie in interdisziplinären Teams in Forschung und Entwicklung zu vertreten. Sie können Sachverhalte der Biomedizinischen Technik klar und korrekt zu kommunizieren.
4. Absolventinnen und Absolventen können im Team forschungsrelevante Aufgabenstellung im Kontext der Wahlmodule des Masterstudiengangs BMT eigenständig von der Analyse der Problemstellung bis zur fertigen Realisierung, Design Review und technischer Dokumentation umsetzen. Sie sammeln Erfahrungen beim Einsatz konkreter Hard- und Software, bei der Umsetzung technischer Wirkprinzipien und bei der Anwendung erforderlicher Kenntnisse über technische Sicherheit und Qualitätssicherung von Medizinprodukten. Sie erwerben außerdem Fähigkeiten und Fertigkeiten bei Organisation, Kommunikation, Projektmanagement, Zeitmanagement, und Konfliktbewältigung.
5. Absolventinnen und Absolventen besitzen grundlegende Kompetenzen, welche die Fähigkeit beinhalten, basierend auf den internationalen Stand der Technik, neuartige Lösungsansätze zu entwickeln, neue Gebiete zu erfassen und im Syntheseprozess in Forschungs- und Entwicklungsergebnisse auf einem der nachfolgenden Vertiefungsgebieten umzusetzen:
 - a. Ophthalmologische Technik: Absolventinnen und Absolventen kennen und verstehen das Sinnesorgan. Sie besitzen Grundkenntnisse der Epidemiologie, Pathogenese, Diagnostik und Therapie der wichtigsten Augenerkrankungen. Sie kennen Diagnostik- und Therapietechnik der Ophthalmologie, können diese analysieren, bewerten und anwenden. Die Studierenden sind mit den Grundlagen von physiologische Optik und Psychophysik vertraut und können diese unter gegebenen Randbedingungen anwenden. Sie sind in der Lage, Fach- Methoden- und Systemkompetenz für Ophthalmologietechnik in interdisziplinären Teams zu vertreten.
 - b. Radiologische Technik/Strahlenschutz: Absolventinnen und Absolventen ken-

- nen die Technik und Methodik der Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin zum Erkennen und Heilen von Krankheiten sowie die Problematik des Schutzes vor den schädigenden Nebenwirkungen ionisierender Strahlen. Sie sind als Medizinphysikexperten in der Lage, die medizinische Strahlenanwendung im komplexen Zusammenhang von Aufwand, Nutzen und Risiko im medizinischen Versorgungs- und ärztlichen Betreuungsprozess zu bewerten.
- c. Assistenzsysteme: Absolventinnen und Absolventen sind befähigt, Probleme der Prävention, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation von Erkrankungen des Bewegungsapparates mit technischen Mitteln zu lösen. Sie nutzen dabei Kenntnisse der Biomechanik und Orthopädie in Kombination mit den aktuellen Möglichkeiten der Robotik und Computational Intelligence unter adäquater Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen.
 - d. Kognitive Robotik: Absolventinnen und Absolventen sind auf Basis der vermittelten Methodik in der Lage, technische Assistenzsysteme zu verstehen und Methoden der Konzeption auch auf neue Systeme anzuwenden und erfolgreich einzusetzen. Besondere Kenntnisse erwerben sie dabei bei der Konzeption und Gestaltung von Systemen der Kognitiven Robotik, insbesondere der sozialen Assistenzrobotik für das Ambient Assisted Living (AAL) und der Rehabilitations- und Operationsrobotik, sowie von multimodalen Mensch-Maschine-Schnittstellen für derartige Systeme.
 - e. Biomechanik: Absolventinnen und Absolventen sind befähigt, Probleme der Prävention, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation von Erkrankungen des Bewegungsapparates mit technischen Mitteln zu lösen. Sie wenden hierfür Kenntnisse der Klinischen Biomechanik von der Modellbildung bis zur Experimentalanalyse an. Sie kennen die großen Krankheitsbilder der Orthopädie und Unfallchirurgie und die dazugehörigen aktuellen Krankheitskonzepte. Die gültigen Gestaltungsprinzipien für die mit den Maschinensystemen biokompatibel zu entwickelnden Mensch-Maschine-Schnittstellen werden beherrscht.
 - f. Bioelektromagnetismus: Absolventinnen und Absolventen kennen und verstehen die Modellierungsstrategien für bioelektrische und biomagnetische Phänomene, können diese analysieren, bewerten und anwenden, sowie für gegebene Teilsysteme Modelle entwerfen. Sie sind mit den Grundlagen von direkten und inversen Problemen in Bioelektromagnetismus vertraut und können diese unter gegebenen Randbedingungen lösen. Sie sind in der Lage, diese Kompetenzen in den Syntheseprozess bioelektrischer und biomagnetischer Modellierung einfließen zu lassen. Sie kennen und verstehen die grundlegenden Prinzipien spezieller Verfahren der Biosignalverarbeitung, können diese analysieren, bewerten und beim Syntheseprozess mitwirken.
 - g. Elektromedizinische Technik: Absolventinnen und Absolventen besitzen grundlegende Kompetenzen auf dem Gebiet der elektromedizinischen Technik in Diagnose und Therapie. Sie kennen und verstehen die elektrotechnischen und elektronischen Methoden der analogen und digitalen Signalverarbeitung, können diese analysieren, bewerten und anwenden. Sie erwerben an aktuellen Problemen der Biosignalerfassung und -verarbeitung die Fähigkeit, das ihnen

bekanntes Methodenspektrum technisch anzuwenden und in den Entwicklungsprozess zu integrieren.

2. Inhaltliche Schwerpunkte/Studienablauf des Masterstudienganges Biomedizinische Technik

Im Pflichtanteil erfolgt zunächst eine Vertiefung der BMT-relevanten methodischen Fachgrundlagen (im Umfang von 19 LP) in Gebieten der Biosignalanalyse und der Biomedizinischen Technik. Medizinische Bildgebung und Bildverarbeitung stellen sowohl für den zukünftigen Systementwickler als auch für den applikativ tätigen BMT-Ingenieur wichtige Schwerpunktfelder dar. Die im Bachelorkurs erworbenen Kenntnisse zur medizinischen Messtechnik werden anwendungsorientiert erweitert. In spezifischen Laborpraktika wird das erworbene Wissen in der Arbeit an modernen medizintechnischen Geräten vertieft.

Die Auswahl eines der fünf angebotenen Wahlmodule (Umfang jeweils 12 LP) ermöglicht eine adäquate Spezialisierung auf ein besonderes Interessengebiet bzw. auf ein angestrebtes berufliches Einsatzfeld.

Der Wahlmodul 1 – Ophthalmologische Technik – ist auf ein Teilgebiet der Biomedizinischen Technik mit besonders hoher Entwicklungsdynamik und leistungsfähiger regionaler Verankerung sowohl in der Grundlagen- und angewandten Forschung (insbesondere im Kompetenzzentrum der Medizintechnik „OphthalmolInnovation Thüringen“)¹ als auch in der industriellen Umsetzung² fokussiert. Aufbauend auf den speziellen medizinischen Grundlagen der ophthalmologischen Diagnostik und Therapie wird der moderne methodische und medizintechnische Stand sowohl zu ophthalmologischen Mess- und Imaging-Systemen als auch zu Lasertherapiesystemen vermittelt. In der Reihe „Spezielle Probleme der Ophthalmologie“ werden von Forschern und Entwicklern aus Klinik und Unternehmen aktuelle Forschungsfelder und -ergebnisse auf diesem Gebiet vorgestellt.

Aufbauend auf den Lehrgebieten Medizinische Strahlenphysik und Strahlungsmesstechnik aus dem Bachelorstudium konzentriert sich das Wahlmodul 2 – Radiologische Technik/Strahlenschutz - auf die therapeutische Strahlenanwendung. Vermittelt werden methodische und technische Grundlagen zur Erzeugung, Anwendung und Anwendungsoptimierung von Röntgenstrahlen, Gammastrahlung, ultraharter Bremsstrahlung, sowie Protonen und Schwerionen. Vor allem messmethodische Inhalte prägen die klinische Dosimetrie. Die Bestrahlungsplanung erstreckt sich bis zu den konformen, inversen Methodenansätzen. Der Strahlenschutz als zweiter Schwerpunkt des Wahlmodules beinhaltet notwendige Grundlagen zum Risiko, Grundsätzen und Recht und konzentriert sich dann auf die spezifischen medizinischen Anwendungsgebiete gemäß den verbindlichen Anforderungen an einen Einsatz als Medizinphysikexperte.

1 <http://www.ophthalmoinnovation.de>

2 etwa mit dem weltweit umsatzstärksten Hersteller in diesem Segment – der Carl Zeiss Meditec AG Jena und einer Reihe von innovativen KMU's

Im Wahlmodul 3 – Kognitive Robotik – liegen die Schwerpunkte für den interdisziplinär orientierten Ausbildungskomplex in modernen Verfahren der Kognitiven Robotik, insbesondere der sozialen Assistenzrobotik für das Ambient Assisted Living (AAL) und der Rehabilitations- und Operationsrobotik sowie von multimodalen Mensch-Maschine-Schnittstellen für derartige Systeme. Besonderer Fokus wird auf die komplexen Anforderungen robotischer Systeme und die ergonomiegerechte Gestaltung von Schnittstellen zwischen Arzt/Patient auf der einen Seite und technischem Assistenzsystem auf der anderen Seite (Human-Machine-Interfaces) gelegt.

Das Wahlmodul 4 –Biomechanik - werden die biologischen, medizinischen und technischen Grundlagen für die Gestaltung von Assistenz- und Unterstützungssystemen des Bewegungsapparates sowohl aus der Sicht des Patienten als auch aus der Sicht des Arztes gelegt. Schwerpunkte für diesen stark interdisziplinär orientierten Ausbildungskomplex sind die Modellierung und Experimentalanalyse bewegter und nicht bewegter Biosysteme mit dem Fokus auf Analyse und Synthese medizintechnisch relevanter Bewegungssysteme, und die Ergonomie-gerechte Gestaltung von Schnittstellen zwischen Arzt/Patient auf der einen Seite und Assistenzsystemen auf der anderen Seite (Human-Machine-Interfaces).

Das Wahlmodul 5 – Bioelektromagnetismus – bildet für einen neuen und hochinnovativen Zweig der Biomedizintechnik aus: der Rekonstruktion von elektromagnetischer Aktivität im Körper. Zielstellung ist die Herausbildung von fachlichen Kompetenzen bei den Studierenden, die zu einer eigenständigen Analyse von bioelektromagnetischen Phänomenen mit Hilfe von Verfahren der bioelektromagnetischen Feldmodellierung, mit Optimierungsstrategien für biomedizinische Probleme und unter Verwendung von speziellen Verfahren der Biosignalverarbeitung notwendig sind. Damit sind die Studierenden in der Lage aktuelle Forschungsfragestellungen unter anderem auf dem Gebiet der Neurowissenschaften (z.B. Wie findet Informationstransfer im Gehirn statt?) in interdisziplinären Teams zu bearbeiten.

Das Wahlmodul 6 – Elektromedizinische Technik – bildet die methodische Basis für Studierende, die sich auf Diagnostik, Therapie und Rehabilitation mit Hilfe bioelektrischer Größen bzw. mit auf elektrischen Größen basierenden biologischen Effekten spezialisieren wollen. Aufbauend auf der interdisziplinären Kombination aus Biosignalverarbeitung, Automatisierungstechnik, Integrierten Systemen und Systementwurf werden Studierende dazu befähigt, die gewonnenen methodischen und technologischen Kompetenzen in Forschung, Entwicklung und Anwendung auf dem Gebiet der Elektromedizin umzusetzen. Sie werden sich in Forschung und Entwicklung medizintechnischer Unternehmen sowie in klinischer Forschung und Praxis etablieren.

Das Hauptseminar, welches in allen Wahlmodulen beinhaltet ist, befähigt die Studierenden zur selbständigen Erarbeitung und kritischen Bewertung eines ausgewählten fachlichen Problembereichs. Das Designprojekt, ebenso in allen Wahlmodulen anzutreffen, soll an einer praktischen Designaufgabe nicht nur fachliche Kompetenzen, sondern auch praktisch-methodische Herangehensweisen und soziale Kompetenzen in kleinen Teams vermitteln.

Ein wesentliches Anliegen in diesem Studiengang ist die Förderung einer starken Forschungsorientierung der Ausbildung. Dies wird erreicht durch durchgängige Einbindung der Studierenden in die Forschung der Fachgebiete, studentische Mitarbeit in Forschungsteams und eigenständige Bearbeitung von Projektaufgaben.

Die Masterprojektarbeit im Bearbeitungsumfang von 6 Monaten schließt das Masterstudium ab. Die Themen ergeben sich aus den aktuellen Forschungslinien des Instituts, wobei die Bearbeitung unter effizienter Betreuung in einem der Forschungsteams erfolgt.

3. Bedarf an Absolventen in der Wirtschaft

Biomedizinische Technik (Biomedical Engineering) ist international als eigenständiges interdisziplinäres universitäres Studienfach fest etabliert. Als typisch für die Entwicklung in den hochentwickelten Industriestaaten kann die Situation in den USA betrachtet werden: an etwa 100 Universitäten gibt es durchgängige Studienprogramme „Biomedical Engineering“ (undergraduate, graduate, doctoral programmes – Stand Dezember 2004: 99 Bachelor/ 103 Master/ 101 Ph.D. courses³). Gewin stellt dazu in einem Beitrag in Nature fest:

„The total number of undergraduate BME programmes has doubled in the past five years.“⁴

Ursache für diese progressive Entwicklung ist der seit vielen Jahren boomende Arbeitsmarkt für Biomedical Engineering-Absolventen:

“Job prospects are bright in biomedical engineering (BME), which combines engineering design skills with biological expertise... According to the US Department of Labour, the number of BME jobs in the United States is expected to increase by 31.4% during the next seven years, more than double the average predicted rate in other fields. ³

Diese Aussage ist ohne Einschränkungen übertragbar auf die zu erwartende Entwicklung in anderen Industriestaaten – z. B. in Europa:

“Job opportunities in industry will remain good.....In the coming years we will need a gradually increasing number of biomedical engineers.” (Arjen Schat, European recruitment manager, Philips Medical Systems Eindhoven⁵).

Insbesondere gilt dies für Deutschland mit seiner leistungsfähigen medizintechnischen Industrie und einer ähnlich hochentwickelten medizinischen Forschung und klinischen Infrastruktur. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass auf dem Gebiet der Biomedizinischen Technik ein überdurchschnittlich hoher Anteil forschungsorientierter (Universitäts-)Absolventen benötigt wird – u. a. aufgrund des für medizintechnische Produkt- und Systementwicklungen überproportional hohen Aufwandes an methodischer Vorlauf- und Applikationsforschung, die entscheidend von BMT-Ingenieuren getragen wird.

³ Quelle: Biomedical Engineering Curriculum Database, The Whitaker Foundation, Arlington/VA, Dec. 2004

⁴ Gewin, V.: Biomedicine meets engineering, Nature 425(2003), September 18, pp. 324-325

⁵ In: Jox, R.: Engineering your own path, Nature 425(2003), September 18, pp. 327

Die beruflichen Perspektiven für Absolventen des Masterstudiengangs „Biomedizinische Technik“ der TU Ilmenau können daher mittel- und langfristig als hervorragend eingeschätzt werden. Aktuelle Haupttätigkeitsfelder für die Absolventen sind konkret:

Medizinische Industrie:

- Entwicklung von medizintechnischen Verfahren, Geräten und Systemen,
- Prüfung, Erprobung und Beurteilung von Verfahren und Geräten,
- Qualitätsmanagement,
- Applikation, Kooperation mit der medizinischen Forschung,
- Beratung und Schulung, Marketing und Vertrieb

Kliniken:

- Planung und Beschaffung von medizintechnischen Geräten und Anlagen,
- Sicherheitsingenieur für Medizintechnik,
- Qualitätsmanagement und –sicherung,
- Mitwirkung beim Einsatz medizintechnischer Anlagen und Systeme,
- Medizinphysik-Experte, Strahlenschutzbeauftragter

Medizinische und biologische Forschung:

- Grundlagenforschung (Versuchsplanung, Datenanalyse, Entwurf und Realisierung von Experimentalsystemen),
- Klinische Forschung (Entwicklung neuer Verfahren und Geräte für Diagnostik, Therapie und Rehabilitation)

Behörden, Sachverständigen-Organisation:

- hoheitliche Aufgaben nach Medizinprodukte - Gesetz (MPG),
- Genehmigung und Aufsicht im Strahlenschutz,
- Akkreditierung, Zertifizierung,
- Sachverständiger Strahlenschutz.

4. Vorhandensein der Kapazitäten

Die Kapazitäten für den konsekutiven forschungsorientierten universitären Studiengang Master of Science Biomedizinischen Technik sind bei den beteiligten Fachgebieten vorhanden. Ein Teil der Lehrveranstaltungen sind jedoch nur durch externe Lehrbeauftragte inhaltlich abzudecken.