



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Bachelor

Master

Doktorat

Universitäts-
lehrgang

Studienplan (Curriculum)
für das
Masterstudium
Biomedical Engineering
UE 066 453

Technische Universität Wien
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien
am 19. Juni 2023

Gültig ab 1. Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlage und Geltungsbereich	3
2. Qualifikationsprofil	3
3. Dauer und Umfang	5
4. Zulassung zum Masterstudium	5
5. Aufbau des Studiums	6
6. Lehrveranstaltungen	10
7. Prüfungsordnung	10
8. Studierbarkeit und Mobilität	12
9. Diplomarbeit	13
10. Akademischer Grad	14
11. Qualitätsmanagement	14
12. Inkrafttreten	15
13. Übergangsbestimmungen	15
A. Modulbeschreibungen	16
B. Lehrveranstaltungstypen	49
C. Übergangsbestimmungen	50
D. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	52
E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	53

1. Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche, englischsprachige Masterstudium *Biomedical Engineering* an der Technischen Universität Wien. Dieses Masterstudium basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 – UG (BGBl. I Nr. 120/2002 idgF) – und den *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* in der jeweils geltenden Fassung. Die Struktur und Ausgestaltung dieses Studiums orientieren sich am Qualifikationsprofil gemäß Abschnitt 2.

2. Qualifikationsprofil

Das Masterstudium *Biomedical Engineering* vermittelt eine vertiefte, wissenschaftlich und methodisch hochwertige, auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Bildung, welche die Absolvent_innen sowohl für eine Weiterqualifizierung vor allem im Rahmen eines fach einschlägigen Doktoratsstudiums als auch für eine Beschäftigung in beispielsweise folgenden Tätigkeitsbereichen befähigt und international konkurrenzfähig macht:

- Grundlagen- und angewandte Forschung an Universitäten, in Spitälern, an außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in der Industrie
- Entwicklung von neuen Biomaterialien, Instrumenten, Methoden, Prozessen, Sensoren, Simulations- und Abbildungsverfahren
- Modellierung von Organen, Implantaten und physiologischen Prozessen
- Implementierung von neuen technischen Lösungen in Biologie und Medizin
- Operativer Einsatz von technischen Systemen in der Medizin (Klinik-Ingenieurwesen)
- Consulting im biologisch-medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich

Die transversale Integration der Life Sciences in den traditionellen Ingenieurwissenschaften im Begriff „Biomedical Engineering“ stellt eine der wichtigsten Herausforderungen des europäischen Wissenschafts- und Technologieraums im 21. Jahrhundert dar. Das Gesundheitswesen stellt an das *Biomedical Engineering* laufend höhere und faszinierendere technische Anforderungen unter steigendem Demographie-, Ethik-, Ökologie- und Kostendruck. Das wissenschaftliche und wirtschaftliche Wachstumspotenzial des *Biomedical Engineering* wird, besonders in den USA, sehr hoch geschätzt. Gemäß ihrer Devise „Technik für Menschen“ und ihrer Exzellenz in den Ingenieurwissenschaften stellt sich die Technische Universität Wien mit einer Fokussierung ihrer Aktivitäten im Bereich *Biomedical Engineering* dieser Herausforderung sowohl in der Forschung als auch in der forschungsgeleiteten Lehre.

Dieses internationale und forschungsorientierte Masterstudium *Biomedical Engineering* hat auch die Ambition, den Anteil der Frauen in den Ingenieurwissenschaften zu erhöhen, die Kommunikation des Ingenieurwesens mit der Gesellschaft zu verbessern und internationale Studierende besonders aus Mitteleuropa anzuziehen. Aufgrund der internationalen Ausrichtung dieses Studiums und des internationalen Gegenstandes von

Biomedical Engineering können alle Pflichtlehrveranstaltungen dieses Masterstudiums in englischer Sprache absolviert werden.

Das Masterstudium *Biomedical Engineering* gibt die Möglichkeit, einen der Schwerpunkte Biomaterials and Biomechanics, Biomedical Signals and Instrumentation, Mathematical and Computational Biology, Medical Physics and Imaging zu wählen.

Die Absolvent_innen des Masterstudiums *Biomedical Engineering* verfügen über weitgehende Kenntnisse im gewählten Schwerpunkt und in ausreichendem Maße über grundlegende Kenntnisse in allen Teilbereichen der Biomedizinischen Technik.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Biomedical Engineering* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt:

- Fachliche und methodische Kompetenzen
- Kognitive und praktische Kompetenzen
- Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Biomedical Engineering* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

Fachliche und methodische Kompetenzen

Absolvent_innen kennen den Aufbau der Biomedizinischen Technik und die Zusammenhänge zwischen deren Teilgebieten, die dafür relevanten theoretischen Grundlagen, methodischen Werkzeuge und Modellvorstellungen sowie die diesen zugrunde liegenden Voraussetzungen.

Sie wissen, wie in verschiedenen Teilgebieten der Biomedizinischen Technik experimentelle Untersuchungen und Modellrechnungen zur Ermittlung benötigter Daten herangezogen werden können und wie die Zuverlässigkeit solcher Daten zu beurteilen ist. Sie verfügen über breite wissenschaftliche Grundlagenkenntnisse und Forschungserfahrung.

Kognitive und praktische Kompetenzen

Absolvent_innen sind in der Lage, biomedizintechnische Problemstellungen wissenschaftlich zu formulieren, gründlich zu analysieren und dafür geeignete Lösungsvorschläge zu entwickeln.

Sie können Entwicklungen durchführen und Anwendungen vorantreiben und die Auswirkungen solcher Entwicklungen für das Gesundheitswesen, die Gesellschaft und die Umwelt beurteilen und berücksichtigen. Sie verfügen über Lösungskompetenz für interdisziplinäre Probleme.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen

Absolvent_innen verfügen über analytisches, methodisches, lösungs- und gestaltungsorientiertes Denken, können biomedizinische Entwicklungen und eigenes Handeln kritisch reflektieren und tragen somit gesellschaftliche Verantwortung. Weiters können sie selbstverantwortlich und wissenschaftlich arbeiten, weisen Vermittlungs- und Teamfähigkeit auf, verbunden mit gediegenen Fertigkeiten in der Kommunikation und Präsentation. Sie sind dazu befähigt, ihre Ausbildung auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten. Sie sind auch darauf vorbereitet, ihr berufliches Profil durch weiterführende Studien in anderen Fachbereichen zu erweitern. Sie verfügen über gute Kenntnisse der englischen Sprache, um auch international tätig werden zu können.

3. Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Biomedical Engineering* beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von 4 Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte (ECTS) sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte, wobei ein ECTS-Punkt 25 Arbeitsstunden entspricht (gemäß §54 Abs. 2 UG).

4. Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zum Masterstudium *Biomedical Engineering* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Fachlich in Frage kommend sind jedenfalls die Bachelorstudien Bauingenieurwesen und Infrastrukturmanagement, Elektrotechnik und Informationstechnik, Medieninformatik und Visual Computing, Medizinische Informatik, Software & Information Engineering, Technische Informatik, Maschinenbau, Technische Chemie, Technische Mathematik, Statistik und Wirtschaftsmathematik, Finanz- und Versicherungsmathematik, Technische Physik, Verfahrenstechnik, Geodäsie und Geoinformatik, Umweltingenieurwesen, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen - Maschinenbau an der Technischen Universität Wien.

Fachlich in Frage kommend sind auch andere absolvierte Studien, wenn sie an wissenschaftlicher Tiefe zumindest einem der zuvor angeführten Bachelorstudien vergleichbar sind. Insbesondere kommt ein Studium fachlich in Frage, wenn Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Fächer Mathematik, Physik, Chemie, Elektrotechnik und/oder Mechanik in Summe von mindestens 30 ECTS im ausgewogenen Ausmaß vorhanden sind.

Wenn die Gleichwertigkeit grundsätzlich gegeben ist und nur einzelne Ergänzungen auf die volle Gleichwertigkeit fehlen, können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit alternative oder zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind. Sie können im Modul Free Electives and Transferable Skills im Ausmaß von max. 4,5 ECTS als freie Wahlfächer verwendet werden.

Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können alternative oder zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind.

Personen, deren Erstsprache nicht Englisch ist, haben die Kenntnis der englischen Sprache, sofern dies gemäß § 63 Abs. 1 Z 3 UG erforderlich ist, nachzuweisen. Für einen erfolgreichen Studienfortgang werden Englischkenntnisse nach Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

Manche Wahlllehrveranstaltungen sowie ergänzende Lehrveranstaltungen zur Erlan-

gung der vollen Gleichwertigkeit des absolvierten Studiums können auf Deutsch angeboten werden. Daher werden Deutschkenntnisse nach Referenzniveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

5. Aufbau des Studiums

Die Inhalte und Qualifikationen des Studiums werden durch *Module* vermittelt. Ein Modul ist eine Lehr- und Lerneinheit, welche durch Eingangs- und Ausgangsqualifikationen, Inhalt, Lehr- und Lernformen, den Regelarbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender *Lehrveranstaltungen*. Thematisch ähnliche Module werden zu *Prüfungsfächern* zusammengefasst, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

Prüfungsfächer und zugehörige Module

Das Masterstudium *Biomedical Engineering* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen. Aus der Liste der mit Stern markierten Prüfungsfächer ist durch die Studierenden ein Schwerpunkt des Masterstudiums *Biomedical Engineering* zu wählen. Es gibt vier Schwerpunkte:

- Biomaterials and Biomechanics
- Biomedical Signals and Instrumentation
- Mathematical and Computational Biology
- Medical Physics and Imaging

Aus der Liste der mit Stern markierten Wahlmodule im Prüfungsfach *Fundamentals Biomedical Engineering* sind vier Module zu wählen.

Life Sciences (15,0 ECTS)

Basics of Biology (6,0 ECTS)

Basics of Physiology (9,0 ECTS)

Fundamentals Biomedical Engineering (24,0 ECTS)

*Biophysics and Biomechanics (6,0 ECTS)

*Biosignals and Bioinstrumentation (6,0 ECTS)

*Biochemistry (6,0 ECTS)

*Biomedical Signal Processing (6,0 ECTS)

*Biomaterials and Tissue Engineering (6,0 ECTS)

*Cell Biology (6,0 ECTS)

*Scientific Computing (6,0 ECTS)

***Biomaterials and Biomechanics (42,0 ECTS)**

Basics of Biomaterials and Biomechanics (15 ECTS)

Advances in Biomaterials and Biomechanics (9,0 ECTS)

Project Biomedical Engineering (6,0 ECTS)

***Biomedical Signals and Instrumentation (42,0 ECTS)**

Basics of Biomedical Signals and Instrumentation (15,0 ECTS)

Advances in Biomedical Signals and Instrumentation (9,0 ECTS)

Project Biomedical Engineering (6,0 ECTS)

***Mathematical and Computational Biology (42,0 ECTS)**

Basics of Mathematical and Computational Biology (15 ECTS)

Advances in Mathematical and Computational Biology (9,0 ECTS)

Project Biomedical Engineering (6,0 ECTS)

***Medical Physics and Imaging (42,0 ECTS)**

Basics of Medical Physics and Imaging (15,0 ECTS)

Advances in Medical Physics and Imaging (9,0 ECTS)

Project Biomedical Engineering (6,0 ECTS)

Free Electives and Transferable Skills (9,0 ECTS)

Free Electives and Transferable Skills (9,0 ECTS)

Diplomarbeit (30,0 ECTS)

Siehe Abschnitt 9.

Im gewählten Schwerpunkt ist das Basic-Modul im Umfang von 15 ECTS, im Advanced Module im Umfang von mindestens 9 ECTS – davon mindestens 3 ECTS aus den Lehrveranstaltungen UE, LU, VU, SE, PR – und das Project-Modul im Umfang von 6 ECTS zu wählen.

Außerdem sind noch mindestens 12 ECTS aus dem folgenden Pool zu wählen:

- Lehrveranstaltungen aus beliebigen Basic-Modulen
- Lehrveranstaltungen aus beliebigen Advanced-Modulen
- ein beliebiges Projekt-Modul ausgenommen jenes aus dem gewählten Schwerpunkt

Somit sind mindestens 42 ECTS für die mit Stern markierten Prüfungsfächern zu wählen.

Im Modul Free Electives and Transferable Skills sind Lehrveranstaltungen im Ausmaß von insgesamt 9,0 ECTS zu absolvieren. Davon sind Lehrveranstaltungen im Ausmaß von mindestens 4,5 ECTS zu absolvieren, die den Transferable Skills zuzuordnen sind.

Kurzbeschreibung der Module

Dieser Abschnitt charakterisiert die Module des Masterstudiums *Biomedical Engineering* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

Basics of Biology (6,0 ECTS) Das Modul *Basics of Biology* gibt eine Einführung in ausgewählte Gebiete der allgemeinen Biologie. Im Besonderen wird dabei ein Bogen von den Biomolekülen und deren molekularbiologischen Interaktionen, über die Zelle bis hin zum strukturierten und ausdifferenzierten Organismus gespannt. Zusätzlich wird ein Überblick über die Genetik, Biostatistik, Biotechnologie und Toxikologie gegeben, sowie eine Einführung in die Wissenschaftstheorie vermittelt. Der Einsatz der Mikroskopie in der Biologie wird theoretisch wie auch praktisch behandelt.

Basics of Physiology (9,0 ECTS) Das Modul *Basics of Physiology* vermittelt grundlegendes Verständnis in der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie sowie eine Einführung in die allgemeine Krankheitslehre und medizinische Terminologie.

Biophysics and Biomechanics (6,0 ECTS) Das Modul *Biophysics and Biomechanics* liefert die Grundbegriffe der Biophysik und Biomechanik, mittels systematischer Einführungen und Anwendungen betreffend lebender Zellen, sowie die muskulo-skeletalen, kardiovaskularen und Atmungs-Systeme. Hauptaugenmerke liegen auf Gleichgewichts- und Energieprinzipien, auf konstitutivem Verhalten, auf Aufbau, Funktion und Informationsverarbeitung biologischer Zellen, mikroskopischen, elektrophoretischen und spektroskopischen Methoden, sowie elektromagnetisch-biologischen Wechselwirkungen.

Biosignals and Bioinstrumentation (6,0 ECTS) Das Modul *Biosignals and Bioinstrumentation* bietet eine Einführung in die Generierung, Fortpflanzung, Aufnahme und Analyse der medizinisch-relevanten Biosignale des menschlichen Körpers. Die physiologischen, physikalischen und biochemischen Vorgänge im menschlichen Körper und die dazugehörigen Biosignale auf elektrischer, chemischer, akustischer, magnetischer, mechanischer und optischer Basis werden behandelt. Die Theorie, Praxis und Limitierungen der klassischen biomedizinischen Instrumente, unter Einschluss von Diagnose-, Therapie- und Langzeitüberwachungstechniken, werden erläutert.

Biochemistry (6,0 ECTS) Das Modul *Biochemistry* umfasst die Grundlagen der Chemie und darauf aufbauend der Biochemie sowie die Basis der instrumentellen Bioanalytik. Es werden die Grundkonzepte dieser Disziplinen vermittelt. Die Grundlagen für die Leistungscharakterisierung von analytisch-biochemischen Messinstrumenten werden vermittelt und die Grundbegriffe sowie -operationen der Bioanalytik werden erläutert. Grundkonzepte von Trennverfahren, Bioaktivitätsanalytik, immunanalytischen Methoden und massenspektrometrischen Techniken werden vorgestellt.

Biomedical Signal Processing (6,0 ECTS) Das Modul *Biomedical Signal Processing* bringt die Grundlagen der Verarbeitung biomedizinischer Daten aus dem Blickwinkel der Statistik und der Bildverarbeitung. Neben den wichtigsten Grundfertigkeiten der statistischen Interpretation und Auswertung dieser Daten werden multivariate Verfahren zur Verarbeitung und automatischen Auswertung bildgebender Methoden vermittelt.

Biomaterials and Tissue Engineering (6,0 ECTS) Das Modul *Biomaterials and Tissue Engineering* behandelt Basiswissen an der Schnittstelle Werkstoffwissenschaften/Chemie/Biologie/Medizin und vermittelt Verständnis für Methodenentwicklung in Tissue Engineering.

Cell Biology (6,0 ECTS) Das Modul *Cell Biology* vertieft Grundkenntnisse über zellbiologische Komponenten und Prozesse. Zellbiologische Phänomene werden quantitativ anhand ausgewählter Beispiele beschrieben, welche aus den Gebieten der Reizweiterleitung sowie der Immunologie gewählt werden. Moderne zellbiologische Messverfahren – insbesondere bildgebende Verfahren – werden vorgestellt.

Scientific Computing (6,0 ECTS) Das Modul *Scientific Computing* hat zum Ziel die Grundkenntnisse und Fertigkeiten in Bereich des Programmierens und des Scientific Computings herzustellen. Zielgruppe sind Studierende, die keine Vorbildung in diesem Bereich haben und Fächer aus einem Bereich der Computational Science, angewandte Modellbildung und Simulation, etc. in den Basic und Advances Modulen des Masterstudiums Biomedical Engineering belegen wollen.

Basics of Biomaterials and Biomechanics (15 ECTS) Das Modul *Basics of Biomaterials and Biomechanics* behandelt Design- und Optimierungskriterien für Biomaterialien und bioinspirierte Materialien, sowie dazu hilfreiche moderne analytische und numerische Methoden der Biomechanik.

Advances in Biomaterials and Biomechanics (9,0 ECTS) Das Modul *Advances in Biomaterials and Biomechanics* behandelt spezifische und vertiefende Themen betreffend hierarchische Materialien, Mikromechanik, Poromechanik, Chemomechanik, Bruchmechanik, Gewebemechanik, Materialcharakterisierung und Prothetik.

Basics of Biomedical Signals and Instrumentation (15,0 ECTS) Das Modul *Basics of Biomedical Signals and Instrumentation* gibt eine Einführung in die Theorie und Anwendung der Biosensorik und Mikrosystemtechnologie, einschließlich der bioanalytischen Instrumentierung, biomedizinischen Massenspektrometrie und Laserspektroskopie. Dieses Modul vermittelt das grundlegende Wissen zu mikrostrukturierten biokompatiblen Oberflächen und Grenzflächen sowie zu mikroelektronischen Bauelementen und Funktionsgruppen zwecks Erfassung von biomedizinischen Signalen.

Advances in Biomedical Signals and Instrumentation (9,0 ECTS) Das Modul *Advances in Biomedical Signals and Instrumentation* behandelt vertiefende und spezifische Themen im Bereich der biomedizinischen Signale und Instrumente der biomedizinischen Technik sowie bioanalytische Methoden.

Basics of Mathematical and Computational Biology (15 ECTS) Das Modul *Basics of Mathematical and Computational Biology* führt in die Bioinformatik ein, be-

handelt die Regelungsmathematik und die numerische Mathematik, zwecks Simulation von physiologischen Prozessen, Neuronen, Organen, Biomaterialien und Implantaten.

Advances in Mathematical and Computational Biology (9,0 ECTS) Das Modul *Advances in Mathematical and Computational Biology* behandelt sowohl methodisch orientierte, als auch vertiefende und spezifische Themen der Informatik und Computersimulation in der Biologie und Medizin. Im Speziellen, das Management biologischer Daten, Gehirnmodellierung, Hörtheorie, Computergraphik, Mathematische und angewandte Modellbildung, Systemtheorie, Regelungs- und Automatisierungstechnik, Numerische Mathematik, sowie stochastische Mathematik.

Basics of Medical Physics and Imaging (15,0 ECTS) Das Modul *Basics of Medical Physics and Imaging* vermittelt grundlegende Kenntnisse über physikalische Phänomene, welche in bildgebenden Verfahren ausgenutzt werden. Dazu gehören insbesondere Lichtmikroskopie, Röntgenmikroskopie, und Computertomographie. Die Auswirkung auf biomedizinische Proben (Organe, Gewebe, Zellen) sowie die Möglichkeiten der mathematischen Bildbearbeitung und der quantitativen Analyse werden erörtert.

Advances in Medical Physics and Imaging (9,0 ECTS) Das Modul *Advances in Medical Physics and Imaging* bietet Themen zur Verbreiterung des Wissensstandes in Hinblick auf physikalische Grundlagen, modernste Technologien, sowie Methoden zur Bildbearbeitung. Einschlägige Kenntnisse werden durch Praktika und Übungen vertieft.

Project Biomedical Engineering (6,0 ECTS) Das Modul *Project Biomedical Engineering* vermittelt praktische Erfahrungen in der Anwendung des akquirierten Wissens im Rahmen eines einschlägigen Forschungsprojektes in der biomedizinischen Technik.

Free Electives and Transferable Skills (9,0 ECTS) Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

6. Lehrveranstaltungen

Die Stoffgebiete der Module werden durch Lehrveranstaltungen vermittelt. Die Lehrveranstaltungen der einzelnen Module sind in Anhang A in den jeweiligen Modulbeschreibungen spezifiziert. Lehrveranstaltungen werden durch Prüfungen im Sinne des UG beurteilt. Die Arten der Lehrveranstaltungsbeurteilungen sind in der Prüfungsordnung (Abschnitt 7) festgelegt.

Betreffend die Möglichkeiten der Studienkommission, Module um Lehrveranstaltungen für ein Semester zu erweitern, und des Studienrechtlichen Organs, Lehrveranstaltungen individuell für einzelne Studierende Wahlmodulen zuzuordnen, wird auf § 27 des Studienrechtlichen Teils der Satzung der TU Wien verwiesen.

7. Prüfungsordnung

Der positive Abschluss des Masterstudiums erfordert:

1. die positive Absolvierung der im Studienplan vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm gemäß Modulbeschreibung zuzurechnenden Lehrveranstaltungen positiv absolviert wurden,
2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. die positive Absolvierung der kommissionellen Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 13 und § 19 der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gemäß § 17 (1) der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* sind erfüllt, wenn die Punkte 1 und 2 erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

- (a) die Prüfungsfächer mit ihrem jeweiligen Umfang in ECTS-Punkten und ihren Noten,
- (b) das Thema und die Note der Diplomarbeit,
- (c) die Note der kommissionellen Abschlussprüfung,
- (d) die Gesamtbeurteilung sowie
- (e) auf Antrag des_der Studierenden die Gesamtnote des absolvierten Studiums gemäß §72a UG und
- (f) die gewählte Schwerpunktbildung der_des Absolventin_en entsprechend einem der vier Schwerpunkte: Biomaterials and Biomechanics, Biomedical Signals and Instrumentation, Mathematical and Computational Biology, Medical Physics and Imaging.

Die Note des Prüfungsfaches „Diplomarbeit“ ergibt sich aus der Note der Diplomarbeit. Die Note jedes anderen Prüfungsfaches ergibt sich durch Mittelung der Noten jener Lehrveranstaltungen, die dem Prüfungsfach über die darin enthaltenen Module zuzuordnen sind, wobei die Noten mit dem ECTS-Umfang der Lehrveranstaltungen gewichtet werden. Bei einem Nachkommateil kleiner gleich 0,5 wird abgerundet, andernfalls wird aufgerundet. Wenn keines der Prüfungsfächer schlechter als mit „gut“ und mindestens die Hälfte mit „sehr gut“ benotet wurde, so lautet die *Gesamtbeurteilung* „mit Auszeichnung bestanden“ und ansonsten „bestanden“.

Lehrveranstaltungen des Typs VO (Vorlesung) werden aufgrund einer abschließenden mündlichen und/oder schriftlichen Prüfung beurteilt. Alle anderen Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter, d.h., die Beurteilung erfolgt laufend durch eine

begleitende Erfolgskontrolle sowie optional durch eine zusätzliche abschließende Teilprüfung.

Zusätzlich können zur Erhöhung der Studierbarkeit Gesamtprüfungen zu Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter angeboten werden, wobei diese wie ein Prüfungstermin für eine Vorlesung abgehalten werden müssen und § 15 (6) des *Studienrechtlichen Teils der Satzung der Technischen Universität Wien* hier nicht anwendbar ist.

Der positive Erfolg von Prüfungen und wissenschaftlichen sowie künstlerischen Arbeiten ist mit „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3) oder „genügend“ (4), der negative Erfolg ist mit „nicht genügend“ (5) zu beurteilen. Bei Lehrveranstaltungen, bei denen eine Beurteilung in der oben genannten Form nicht möglich ist, werden diese durch „mit Erfolg teilgenommen“ (E) bzw. „ohne Erfolg teilgenommen“ (O) beurteilt.

8. Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Biomedical Engineering* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

Den Studierenden wird empfohlen, ihr Studium nach dem Semestervorschlag in Anhang D zu absolvieren.

Die Anerkennung von im Ausland absolvierten Studienleistungen erfolgt durch das zuständige studienrechtliche Organ. Zur Erleichterung der Mobilität stehen die in § 27 Abs. 1 bis 3 der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* angeführten Möglichkeiten zur Verfügung. Diese Bestimmungen können in Einzelfällen auch zur Verbesserung der Studierbarkeit eingesetzt werden.

Eine Lehrveranstaltung aus den Pflichtmodulen und gewählten Wahlmodulen ist nur dann zu absolvieren, wenn nicht schon eine äquivalente Lehrveranstaltung in dem der Zulassung zum Masterstudium zu Grunde liegenden Studium absolviert wurde; ansonsten sind an ihrer Stelle eine oder mehrere beliebige Lehrveranstaltungen aus den nicht gewählten Modulen des Masterstudiums im selben ECTS-Punkteumfang zu absolvieren, die dann bezüglich Prüfungsfachzuordnung und Klauseln die Rolle der solcherart ersetzten Lehrveranstaltung einnehmen. Die Äquivalenzfeststellung obliegt dem studienrechtlichen Organ.

Für die Wahl einer Lehrveranstaltung in die anderen Module gilt in jedem Fall, dass diese nicht nochmals als Lehrveranstaltung für das entsprechende Modul gewählt werden kann, wenn eine dazu äquivalente Lehrveranstaltung zur Erreichung jenes Studienabschlusses notwendig war, auf dem das Masterstudium aufbaut. An ihrer Stelle sind beliebige noch nicht gewählte Lehrveranstaltungen aus den nicht gewählten Modulen des Masterstudiums im selben ECTS-Punkteumfang zu absolvieren, die dann bezüglich Prüfungsfachzuordnung und Klauseln die Rolle der solcherart ersetzten Lehrveranstaltung einnehmen. Die Äquivalenzfeststellung obliegt dem studienrechtlichen Organ.

Lehrveranstaltungen, die bereits vor Beginn des Masterstudiums absolviert wurden, aber nicht zur Erreichung jenes Studienabschlusses notwendig waren, auf dem das Masterstudium aufbaut, sind gemäß § 78 UG für Lehrveranstaltungen des Masterstudiums

anzuerkennen.

Beruhet die Zulassung zum Masterstudium auf einem Studium mit mehr als 180 ECTS-Punkten, so kann das Studienrechtliche Organ diesen Mehrbetrag an ECTS-Punkten feststellen und auf Antrag der/des Studierenden einen individuellen Katalog von Lehrveranstaltungen aus den Prüfungsfächern festlegen, welche aus dem für die Zulassung zum Masterstudium zu Grunde liegenden Studium als äquivalent anerkannt werden, ohne dass dafür andere Lehrveranstaltungen gewählt werden müssen. Der Umfang dieses individuellen Katalogs darf nicht größer als der Mehrbetrag an ECTS-Punkten und nicht größer als 12 ECTS Punkte sein.

Lehrveranstaltungen für die ressourcenbedingte Teilnahmebeschränkungen gelten sind in der Beschreibung des jeweiligen Moduls entsprechend gekennzeichnet, sowie die Anzahl der verfügbaren Plätze und das Verfahren zur Vergabe dieser Plätze festgelegt.

Die Lehrveranstaltungsleiterinnen sind berechtigt, für ihre Lehrveranstaltungen Ausnahmen von der Teilnahmebeschränkung zuzulassen, sofern dadurch die Qualität der Lehre nicht beeinträchtigt wird.

Kommt es in einer Lehrveranstaltung ohne explizit geregelte Platzvergabe zu einem unvorhergesehenen Andrang, kann die Lehrveranstaltungsleitung in Absprache mit dem studienrechtlichen Organ Teilnahmebeschränkungen vornehmen und die Vergabe der Plätze nach folgenden Kriterien (mit absteigender Priorität) regeln:

1. Es werden jene Studierenden bevorzugt aufgenommen, die die formalen und inhaltlichen Voraussetzungen erfüllen. Die inhaltlichen Voraussetzungen können etwa an Hand von bereits abgelegten Prüfungen oder durch einen Eingangstest überprüft werden.
2. Unter diesen hat die Verwendung der Lehrveranstaltung als Pflichtfach Vorrang vor der Verwendung als Wahlfach und diese vor der Verwendung als Freifach.
3. Innerhalb dieser drei Gruppen sind jeweils jene Studierenden zu bevorzugen, die trotz Vorliegens aller Voraussetzungen bereits in einem früheren Abhaltesemester abgewiesen wurden.

Die Studierenden sind darüber ehebaldigst zu informieren.

9. Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine künstlerisch-wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

Das Prüfungsfach *Diplomarbeit* umfasst 30 ECTS-Punkte und besteht aus der wissenschaftlichen Arbeit (Diplomarbeit), die mit 27 ECTS-Punkten bewertet wird, sowie aus der kommissionellen Abschlussprüfung im Ausmaß von 3 ECTS-Punkten.

10. Akademischer Grad

Den Absolvent_innen des Masterstudiums *Biomedical Engineering* wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur“/„Diplom-Ingenieurin“ – abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ (international vergleichbar mit „Master of Science“) – verliehen.

11. Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement des Masterstudiums *Biomedical Engineering* gewährleistet, dass das Studium in Bezug auf die studienbezogenen Qualitätsziele der TU Wien konsistent konzipiert ist und effizient und effektiv abgewickelt sowie regelmäßig überprüft wird. Das Qualitätsmanagement des Studiums erfolgt entsprechend dem Plan-Do-Check-Act Modell nach standardisierten Prozessen und ist zielgruppenorientiert gestaltet. Die Zielgruppen des Qualitätsmanagements sind universitätsintern die Studierenden und die Lehrenden sowie extern die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Verwaltung, einschließlich des Arbeitsmarktes für die Studienabgänger_innen.

In Anbetracht der definierten Zielgruppen werden sechs Ziele für die Qualität der Studien an der Technischen Universität Wien festgelegt: (1) In Hinblick auf die Qualität und Aktualität des Studienplans ist die Relevanz des Qualifikationsprofils für die Gesellschaft und den Arbeitsmarkt gewährleistet. In Hinblick auf die Qualität der inhaltlichen Umsetzung des Studienplans sind (2) die Lernergebnisse in den Modulen des Studienplans geeignet gestaltet um das Qualifikationsprofil umzusetzen, (3) die Lernaktivitäten und -methoden geeignet gewählt, um die Lernergebnisse zu erreichen, und (4) die Leistungsnachweise geeignet, um die Erreichung der Lernergebnisse zu überprüfen. (5) In Hinblick auf die Studierbarkeit der Studienpläne sind die Rahmenbedingungen gegeben, um diese zu gewährleisten. (6) In Hinblick auf die Lehrbarkeit verfügt das Lehrpersonal über fachliche und zeitliche Ressourcen um qualitätsvolle Lehre zu gewährleisten.

Um die Qualität der Studien zu gewährleisten, werden der Fortschritt bei Planung, Entwicklung und Sicherung aller sechs Qualitätsziele getrennt erhoben und publiziert. Die Qualitätssicherung überprüft die Erreichung der sechs Qualitätsziele. Zur Messung des ersten und zweiten Qualitätszieles wird von der Studienkommission zumindest einmal pro Funktionsperiode eine Überprüfung des Qualifikationsprofils und der Modulbeschreibungen vorgenommen. Zur Überprüfung der Qualitätsziele zwei bis fünf liefert die laufende Bewertung durch Studierende, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, laufend ein Gesamtbild über die Abwicklung des Studienplans. Die laufende Überprüfung dient auch der Identifikation kritischer Lehrveranstaltungen, für welche in Abstimmung zwischen studienrechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleiter_innen geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden. Das sechste Qualitätsziel wird durch qualitätssichernde Instrumente im Personalbereich abgedeckt. Zusätzlich zur internen Qualitätssicherung wird alle sieben Jahre eine externe Evaluierung der Studien vorgenommen.

Jedes Modul besitzt eine_n Modulverantwortliche_n. Diese Person ist für die inhalt-

liche Kohärenz und die Qualität der dem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen verantwortlich. Diese wird insbesondere durch zyklische Kontrollen, inhaltliche Feinabstimmung mit vorausgehenden und nachfolgenden Modulen sowie durch Vergleich mit analogen Lehrveranstaltungen bzw. Modulen anderer Universitäten im In- und Ausland sichergestellt.

12. Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2023 in Kraft.

13. Übergangsbestimmungen

Die Übergangsbestimmungen sind in Anhang C zu finden.

A. Modulbeschreibungen

Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen werden in folgender Form angeführt:

9,9/9,9 XX Titel der Lehrveranstaltung

Dabei bezeichnet die erste Zahl den Umfang der Lehrveranstaltung in ECTS-Punkten und die zweite ihren Umfang in Semesterstunden. ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden, wobei ein Studienjahr 60 ECTS-Punkte umfasst und ein ECTS-Punkt 25 Stunden zu je 60 Minuten entspricht. Eine Semesterstunde entspricht so vielen Unterrichtseinheiten wie das Semester Unterrichtswochen umfasst. Eine Unterrichtseinheit dauert 45 Minuten. Der Typ der Lehrveranstaltung (XX) ist in Anhang *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 49 im Detail erläutert.

Basics of Biology

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der theoretischen Grundlagen der Biologie, der Biotechnologie und der Toxikologie erklären sowie anhand ausgewählter Beispiele diskutieren,
- biostatistische Methoden für die Analyse und Auswertung von biologisch, medizinischem Datenmaterial beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden, sowie
- die theoretischen Grundlagen der Mikroskopie erläutern und mikroskopische Techniken praktisch durchführen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- unter Verwendung wesentlicher Begriffe der allgemeinen Biologie, der Biostatistik, der Biotechnologie und der Toxikologie in diesen Themengebieten treffsicher diskutieren, kategorisieren und argumentieren,
- molekularbiologische Zusammenhänge in der lebenden Zelle analysieren und gegenüberstellen und so das gewonnene Verständnis des Wechselspiels von Biomolekülen bis hin zum strukturierten Organismus zur Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen anwenden, sowie
- mikroskopische Techniken in der Biologie und Biomedizintechnik benutzen und so Experimente konzipieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch und methodisch denken, sowie

- biologische Systeme verstehen und vergleichen, und diese Fähigkeit sowohl für sich selbst nutzen als auch an Dritte kommunizieren, um gemeinsame Strategien für die Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen zu entwickeln.

Inhalt: Es wird ein allgemeiner Überblick über ausgewählte Kapitel der Biologie vermittelt, diese können unter den folgenden Schlagworten zusammengefasst werden: Historischer Überblick und moderne Biologie; Moleküle des Lebens; Molekularbiologie; Bakterien als einfachste Lebensformen; Zytologie; Genetik; Subzelluläre infektiöse Partikel; Biotechnologie; Wissenschaftstheorie; Toxikologie; Grundlagen der Biostatistik. Im Weiteren werden sowohl theoretische als auch praktische Kenntnisse zur Mikroskopie in der Biologie vermittelt.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, im Speziellen in den Fächern Biologie, Chemie und Physik

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundverständnis von biologisch-chemischen Systemen

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Naturwissenschaftliches, analytisches Denkvermögen

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Biology

1,5/1,0 VU Introduction to Microscopy in Biology

1,5/1,0 VO Introduction to Biostatistics

Basics of Physiology

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie des menschlichen Körpers erklären sowie anhand ausgewählter Beispiele diskutieren,

- reguläre und pathologische Vorgänge im menschlichen Körper beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden, sowie
- die Grundlagen der allgemeinen Krankheitslehre und ihre praktische Anwendung erläutern.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- unter Verwendung der medizinischen Terminologie und insbesondere wesentlicher Begriffe der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie in diesen Themengebieten treffsicher diskutieren, kategorisieren und argumentieren,
- unter Verwendung der anatomischen und zellbiologischen Terminologie reguläre und pathologische Vorgänge im menschlichen Körper analysieren und gegenüberstellen und das so gewonnene medizinische Verständnis zur Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen anwenden,
- auf Basis eines Grundverständnisses für physiologische Abläufe und deren Störungen Krankheiten beschreiben, systematisieren und klassifizieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch und methodisch denken,
- anatomische und physiologische Systeme verstehen und vergleichen sowie diese Fähigkeit sowohl für sich selbst nutzen als auch an Dritte kommunizieren, um gemeinsame Strategien für die Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen zu entwickeln, sowie
- dabei ethische Aspekte in der Erhebung medizinischer Daten berücksichtigen.

Inhalt: Grundlagen der Zytologie und Gewebelehre; Physiologie der inneren Organe; Entzündung und Immunologie; Kreislaufsystem, Skelettsystem und Nervensystem; Endokrinologie, Stoffwechsel und Sinnesorgane.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, im Speziellen in den Fächern Physik, Chemie und Biochemie.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Selbstständige Problemanalyse.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Naturwissenschaftliches, analytisches Denkvermögen sowie Eigeninitiative und Neugierde.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

4,5/3,0 VO Anatomy and Histology

4,5/3,0 VO Physiology and Basics of Pathology

Biophysics and Biomechanics

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der Biophysik und der Biomechanik (Bewegung, Gleichgewicht, Energie, Materialverhalten) erklären sowie anhand ausgewählter Beispiele diskutieren
- biophysikalische Vorgänge in lebenden Zellen, mit Schwerpunkt auf elektrisch aktiven Nervenzellen, beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden,
- biomechanische Prinzipien in muskulo-skeletalen und kardio-vaskularen Systemen beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden, sowie
- die Grundlagen von Wachstum, biologischem Umbau und Heilung erläutern.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- unter Verwendung wesentlicher Begriffe der Biophysik und der Biomechanik in diesen Themengebieten treffsicher diskutieren, kategorisieren und argumentieren
- biophysikalische und biomechanische Vorgänge einer mathematisch-formalen Quantifizierung unterziehen, sowie
- durch Anwendung biomechanischer/biophysikalischer Grundlagen das Verhalten biologischer Systeme, insbesondere ihrer elektrischen und mechanischen Zustände im Zuge ihrer Evolution, analysieren und prognostizieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, und
- biophysikalische und biomechanische Zusammenhänge als Basis für Innovationskompetenz in der biomedizinischen Technik präsentieren und bewerten.

Inhalt: Biomechanische Prinzipien von muskuloskeletalen und kardio-vaskularen Systemen; Bewegungsgleichungen, Gleichgewicht, Trägheit, Energie und konstitutives Verhalten; Biophysik lebender Zellen mit Schwerpunkt auf elektrisch aktiven Nervenzellen aus

der Perspektive der Elektrotechnik, Physik und Informationstechnik; Aufbau, Funktion und Informationsverarbeitung der Zelle; mikroskopische, elektroforetische und spektroskopische Methoden der Biophysik; elektromagnetisch-biologische Wechselwirkungen in niederfrequenten wie auch hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, vertiefende Kenntnisse in einem Ingenieurfach

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Anwendung der Vektorrechnung, der Grundlagen zur Lösung von Differentialgleichungen, räumliches Vorstellungsvermögen

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Arbeitsdisziplin bei der Aneignung anspruchsvoller mathematisch-physikalischer Zusammenhänge

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Introduction into Biophysics

3,0/2,0 VU Introduction to Biomechanics

Biosignals and Bioinstrumentation

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- grundlegende physiologische, physikalische und biochemische Vorgänge im menschlichen Körper erklären,
- die Generierung, Fortpflanzung, Aufnahme und Analyse der medizinisch-relevanten Biosignale des menschlichen Körpers ableiten und kontrastieren, die Vielfalt der Biosignale beschreiben,
- elektrische, chemische, akustische, magnetische, mechanische und optische Biosignale ableiten und beurteilen, die jeweiligen Sensorsysteme entwerfen,
- Grundlagen der Biosignalanalyse zum Zwecke der medizinisch-relevanten Interpretation der Biosignale anwenden,

- Theorie, Praxis und Limitierungen der klassischen biomedizinischen Instrumente und Techniken, unter Einschluss von Diagnose-, Therapie- und Langzeitüberwachungstechniken, erläutern,
- Grundlagen der mikroelektronischen Bauelemente als Bausteine biomedizinischer Instrumente schildern, sowie
- Grundlagen der qualitativen und quantitativen Bestimmung von Biomolekülen in biologischen Systemen formulieren.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- biomedizinischer Problemstellungen formulieren, analysieren und lösen,
- treffsicheren Umgang mit biophysikalischen, bioanalytischen und biomedizinischen Grundbegriffen beherrschen, als Grundlage zur Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen und zur Lösung interdisziplinärer Probleme,
- biophysikalische Vorgänge im menschlichen Körper lokalisieren und vergleichen, sowie
- medizintechnische Ansätze in der Diagnostik und Therapie formulieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, sowie
- strategisches Verständnis der Schnittstelle zwischen einem physiologischen-biophysikalischen Prozess und einem Sensor bzw. Aktuator als Basis für eine strategische Innovationskompetenz in der biomedizinischen Technik präsentieren.

Inhalt: Grundlagen der Physiologie; vitale physiologische Parameter (Blutdruck, Sauerstoffsättigung des Blutes, Körpertemperatur, kardiale und respiratorische Aktivität); biologische Rhythmen und Schlaf; Biosignale und ihre Vielfalt im menschlichen Körper (Tast-, Schmerz-, Geruchs-, Geschmacks-, Hör-, Seh- und Gleichgewichtssinn); elektrische, chemische, akustische, optische und mechanische Biosignale; Grundlagen zu mikroelektronischen Bauelementen; Grundprinzipien der biomedizinischen Instrumente; diagnostische und therapeutische Instrumente und Geräte; theoretische und praktische Aspekte zu Bioimpedanz und funktionaler elektrischer Stimulation

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Grundkenntnisse in Physik, Chemie, Physiologie, Mathematik, Materialkunde und Modellbildung
- Grundlegendes Verständnis biophysikalischer Abläufe im menschlichen Körper

Kognitive und praktische Kompetenzen:

- Modellhaftes und logisches Denken
- Umgang mit und Beherrschung von den mathematischen Grundlagen

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen, Interesse an aktuellen theoretischen und praktischen Fragestellungen im medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich
- Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals

3,0/2,0 VU Biomedical Instrumentation

Biochemistry

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der Grundlagen der Chemie erklären,
- eine überblicksartige Einführung in die Biochemie geben, sowie
- eine überblicksartige Einführung in die Konzepte der instrumentellen Analytischen Biochemie geben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Grundbegriffe der Grundlagen der Chemie, Biochemie und instrumentellen Bioanalytik beherrschen und treffsicher damit umgehen, sowie
- chemische und biochemische Vorgänge in der lebenden Zelle und im Organismus verstehen und dabei relevante Biomoleküle benennen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, und
- den Brückenschlag zwischen Chemie, Biochemie und Bioanalytik im Zusammenhang mit biomedizinischen Fragestellungen machen.

Inhalt: Grundlagen der Chemie und darauf aufbauend der Biochemie sowie die Basis der instrumentellen Bioanalytik; Grundkonzepte der Chemie (wie die Relevanz von Wasser in chem./biochem. Systemen, Chiralität, Kinetik, Chemie der wichtigsten Klassen von Biomolekülen: Nucleinsäuren, Proteine, Kohlenhydrate und Lipide) und Biochemie (Organisation und chemische Zusammensetzung der Zelle, Struktur und Eigenschaften von Proteinen, Enzyme und Prinzipien der Biokatalyse, Struktur und Eigenschaften von Nucleinsäuren, genetischer Code und Mutation, DNA-, RNA- und Proteinbiosynthese, Generelle Konzepte des Metabolismus); Grundlagen für die Leistungscharakterisierung von analytisch-biochemischen Messinstrumenten; Grundbegriffe sowie -operationen der Bioanalytik; Grundkonzepte von biochromatographischen und elektrophoretischen Trennverfahren, enzymatischer Aktivitätsanalytik, immunanalytischer Methoden und massenspektrometrischer Techniken

Erwartete Vorkenntnisse: Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, im Speziellen in den Fächern Chemie, Biochemie und Physik

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundverständnis von biologisch-chemischen Systemen

Kognitive und praktische Kompetenzen: Naturwissenschaftliches, analytisches Denkvermögen

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Introduction to Biological Chemistry

3,0/2,0 VO Instrumental Analytical Biochemistry

Biomedical Signal Processing

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Grundlegende Kenntnisse der statistischen Auswertung von multivariaten Messreihen anwenden,
- Statistische Tests und deren korrekte Anwendung erklären,
- Regressionsmodelle (univariate und multivariate) berechnen,
- Variablenselektion und Modellvalidierung durchführen,
- Hauptkomponentenanalyse benutzen,
- Clusteranalyse und Klassifizierung von Messdaten konzipieren,
- Bildgebende Verfahren in der Medizin und Computerassistierte Diagnostik erläutern,
- Lokalisierung, Segmentierung und Identifizierung anatomischer Strukturen beschreiben,
- Registrierung und Atlasbildung durchführen, sowie
- Computerbasierte Analyse von Neuroimaging Daten demonstrieren.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die wichtigsten statistischen Methoden beherrschen,
- treffsicher und praktisch mit statistischen Testverfahren umgehen,
- die wichtigsten multivariaten statistischen Verfahren in der Praxis korrekt anwenden,
- die grundlegenden Modellierungsverfahren beherrschen,
- die wichtigsten Bildanalyseverfahren erläutern, sowie
- den Zusammenhang von Bilddaten, Problemstellung und möglichen Lösungsmethoden demonstrieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden,
- Grundlegendes Verständnis statistischer Verfahren zur Interpretation und Modellierung von Daten und Images aus dem Bereich der biomedizinischen Technik präsentieren,
- diese Daten und Images korrekt einschätzen und eventuell notwendige und mögliche Neuerungen daraus ableiten, sowie
- von einer medizinischen Problemstellung ausgehend in Zusammenarbeit mit Mediziner*innen computerbasierte Lösungskonzepte erarbeiten.

Inhalt: Anwendung von statistischen Tests in der Praxis; simple und multiple lineare Regression; Multikollinearität und deren Einfluss auf Regressionmodelle; Hauptkomponentenanalyse zur Entkorrelierung und zur explorativen Datenanalyse; Clusteranalyse zur automatisierten Bildverarbeitung; Variablenselektion; Modellvalidierung; Hauptkomponentenregression; Klassifizierungsverfahren; bildgebende Verfahren in der Medizin; Segmentierungsmethoden (Active Contours, Level-Sets), modellbasierte Detektion und Segmentierung anatomischer Strukturen (Active Shape Models, Active Appearance Models); Methoden für das Erlernen von Modellen basierend auf medizinischen Bilddaten; Texturanalyse und Klassifikation, interaktive Segmentierungsmethoden; Rigide und nicht-rigide Registrierung und Atlasbildung; Neuroimaging und maschinelles Lernen in der Analyse von Neuroimaging Daten, interoperative Visualisierung

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Grundlagen der univariaten und bivariaten Statistik
- Kenntnisse der Matrixalgebra

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sicherer Umgang mit Computern

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit, auch komplizierte Zusammenhänge erkennen zu wollen
- Kooperative Zusammenarbeit, Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Verpflichtende Voraussetzungen: *Introduction To Biostatistics VO* (3 ECTS)

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Gruppen- und Einzelarbeit mit zur Verfügung gestellter Software
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VU Advanced Biostatistics

3,0/2,0 VO Medical Image Processing

Biomaterials and Tissue Engineering

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die Biokompatibilität von Werkstoffen bewerten,
- die Anwendung biokompatibler Werkstoffe in Orthopädie, Zahnmedizin, Augenheilkunde, Kardiologie beschreiben
- die Herstellung von Tissue Engineering Scaffolds beschreiben, sowie
- Grundlagen zur Sammlung und Verwendung von biologischen Zellen erklären,
- Konzept und Bedeutung vorklinische und klinischer Studien erklären.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- den Einsatzes von Werkstoffen in der Medizin verstehen,
- die Zell-Material-Wechselwirkung verstehen, sowie
- die Methodenentwicklung in Tissue Engineering verstehen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, und
- Basiswissen an der Schnittstelle Werkstoffwissenschaften/ Chemie/ Biologie/ Medizin, zur Bewertung aktueller Entwicklungen und Entscheidungen zur Profilschärfung und Weiterbildung anwenden.

Inhalt: Herstellung und Bauweisen von Biomaterialien; Methoden zur Bestimmung der Biokompatibilität; Sammlung und Anwendung biologischer Zellen; Interaktion zwischen Material und Zelle; vorklinische und klinische Studien

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, vertiefende Kenntnisse in einem Ingenieurfach

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundverständnis biologisch-chemischer Systeme

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Offenheit für interdisziplinäres Denken

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Biocompatible Materials

3,0/2,0 VU Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering

Cell Biology

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- den Aufbau von eukaryotischen Zellen: Organellen, Zytoskelett, Membranen beschreiben,
- die Rolle von Energien und Kräften analysieren,
- Zelluläre Abläufe wie Transport, Katalyse, Synthese, Signalisierung darstellen,
- Reizweiterleitung erläutern,
- immunologische Aspekte erklären,
- Mathematische Systembiologie und quantitative Biologie anwenden, sowie
- moderne zellbiologische Techniken beschreiben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- zellbiologischen Zusammenhänge beurteilen,
- die wesentlichen biomolekularen Komponenten und Abläufe verstehen, sowie
- Zellen als Werkstoff diskutieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, sowie
- zelluläre Abläufe als integralen Bestandteil von biomedizinischen Fragestellungen innovativ nutzen.

Inhalt: Grundkenntnisse über zellbiologische Komponenten und Prozesse werden vertieft; zellbiologische Phänomene werden quantitativ anhand ausgewählter Beispiele beschrieben, welche aus den Gebieten der Reizweiterleitung sowie der Immunologie gewählt werden; moderne zellbiologische Messverfahren – insbesondere bildgebende Verfahren – werden vorgestellt

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Zentrale molekulare Komponenten wie Nukleinsäuren, Proteine, Lipide, niedermolekulare Substanzen
- Grundlagen der Biologie

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundverständnis von biologisch-chemischen Systemen

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Offenheit für interdisziplinäres Denken

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Molecular Biology of the Cell

1,5/1,0 VO Biomembranes

1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology

Scientific Computing

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Programme mit der Sprache MATLAB entwerfen und testen,
- einfache bis mittelschwere Aufgaben der angewandten Mathematik mittels MATLAB-Programmen lösen,
- vereinfachtes Modellbildung und Simulationsexperiment für eine gegebene Forschungsfragestellung durchführen,
- Grundprinzipien von Modellbildung und Simulation und den damit verbundenen Standardprozess wiedergeben,
- unterschiedliche Modellbildungskonzepte unterscheiden, klassifizieren und deren Einsatzgebiete benennen,
- mit Modellierungsstrategien einfache Systeme abstrahieren, konzeptionelle Modelle erstellen und diese auch analysieren,
- Simulationssoftware bedienen und damit Simulationsmodelle implementieren.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Problemstellungen im Bereich Scientific Computing formulieren und analysieren,
- diese Probleme hinsichtlich des Einsatzes von Programmier- und Simulationssoftware beurteilen,

- Lösungen der Problemstellungen mit Hilfe von Programmierung oder Simulationssoftware formulieren und umsetzen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich eigenständig im Bereich der Programmierung und Modellbildung und Simulation weiterbilden, sowie
- strategisches Verständnis der Schnittstelle zwischen mathematischer Modellierung, Programmierung und Lösungen von Anwendungsproblemen präsentieren.

Inhalt: Befehlssyntax der Programmiersprache MATLAB (befehls- und teilweise objektorientiert), Aufbereitung von grafischen Ausgaben, Probleme aus der linearen Algebra mit MATLAB lösen, Einsatz von MATLAB für Statistik und Optimierung, Lösen von gewöhnlichen Differentialgleichungen mit Hilfe der entsprechenden MATLAB-Toolboxen, Überblick über Modellbildung und Simulation, Modellierungsmethoden (Fokus liegt auf: System Dynamics, Differenzen- und Differentialgleichungen, Discrete-Event Simulation, Zelluläre Automaten und Agentenbasierte Modellierung), Formulierung von Forschungsfragen, System-Abstraktion, Konzeptionelle Modellierung, Implementierung (Anylogic, MATLAB, Python), Design von Simulationsexperimenten, Simulationsausführung bis zur Ergebnisinterpretation

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Grundkenntnisse in Mathematik (typischer Mathematik Ausbildung auf Bachelor-Niveau): insbesondere Lineare Algebra, Analysis einer und mehrerer Variablen, sowie Differentialgleichungen
- Grundkenntnisse in Modellbildung

Kognitive und praktische Kompetenzen:

- Abstraktes und logisches Denken
- Umgang mit und Beherrschung der mathematischen Grundlagen
- Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Kooperative Zusammenarbeit, Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin
- Interesse an interdisziplinären Herausforderungen
- Offenheit komplexe Fragestellungen analysieren und lösen zu wollen.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (unterstützt durch Unterlagen und Beispielen)

- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 VU Modeling and Simulation

3,0/2,0 VU Programming with MATLAB for BME

Basics of Biomaterials and Biomechanics

Regelarbeitsaufwand: 15 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Designkriterien und Optimierungsstrategien in Biomaterialien (Knochen, Holz) benennen,
- bio-inspirierte Materialien beschreiben,
- die Mikromechanik und Homogenisierungstheorien für hierarchische Materialien erklären,
- bildbasierte Finite Elemente Modellierung erklären,
- die Mechanik des menschlichen Bewegungsapparates beschreiben,
- die Morphologie und Mechanik von Geweben beschreiben, sowie
- die Grundlagen der Fluidmechanik biologischer Systeme erklären.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die Genese und Funktionsweise von Biomaterialien verstehen
- Homogenisierungsverfahren beherrschen und treffsicher damit umgehen
- Finite Elemente Methoden beherrschen und treffsicher damit umgehen
- moderne biomechanische Verfahren zur Lösung aktueller Problemstellungen in Orthopädie, Dentalmedizin und Tissue Engineering anwenden.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, und
- Bauprinzipien in Biomaterialien erlaubt in Verbindung mit erweitertem biomechanischen Wissen wissenschaftlich fundierte kreative Lösungen an der Schnittstelle zwischen natürlichem Gewebe und Implantat verstehen.

Inhalt: Bauprinzipien, Designstrategien und Optimierungsansätze von Biomaterialien; theoretische Grundlagen zur mathematischen Erfassung von Struktur-(mechanischen) Eigenschaftsbeziehungen (inkl. Homogenisierungsverfahren, Mehrskalungsverfahren, Finite Elemente); der gesamte Bewegungsapparat

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse in Biomechanik, Biomaterialwissenschaft und Tissue Engineering

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Anwendung der Tensorrechnung, Kenntnis der Kontinuumsmechanik

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Arbeitsdisziplin bei der Aneignung anspruchsvoller mathematisch-physikalischer Zusammenhänge, Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen

Erwartete Vorkenntnisse können in den folgenden Modulen erworben werden: *Biophysics and Biomechanics* und *Biophysics and Biomechanics*

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Biomaterials

3,0/2,0 VO Transport phenomena in biological systems

3,0/2,0 VU Computational Biomaterials and Biomechanics

3,0/2,0 VO Modelling of the Human Locomotor System

3,0/2,0 VO Tissue Biomechanics

Advances in Biomaterials and Biomechanics

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- einen fundierten Einblick in die Mehrskalenmechanik biologischer Gewebe geben,
- einen Einblick in die Gewebs- und Bruchmechanik geben
- die Prinzipien für experimentelle Methoden zur Materialcharakterisierung erläutern und umsetzen, sowie

- einen fundierten Einblick in die Biomechanik von Bewegungssystemen geben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Expertenwissen in Biomaterialcharakterisierung und –simulation anwenden,
- forschungsnahen Aufgaben behandeln, sowie
- interdisziplinäre Probleme lösen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden,
- wissenschaftliche Literatur kompetent präsentieren,
- anspruchsvolle Probleme an der Schnittstelle zwischen Biomaterialwissenschaft und angewandter Mechanik, sowohl theoretisch/rechnerisch, als auch experimentell, behandeln
- fachliches Wissen weitergeben und im Bereich der Biomaterialien anwenden, sowie
- mit gemeinsam zu nutzenden Ressourcen umgehen, in Teams Teilergebnisse erarbeiten und zu Gesamtergebnissen zusammenführen.

Inhalt: Spezialkapitel und tiefergehende Themen aus den Bereichen Mikromechanik, Thermodynamik der Materialien, Bruchmechanik, Bewegungsapparat, Gewebemechanik, experimentelle Mechanik von biologischen Materialien und Prothesen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Aufbau biologischer Materialien,
- Designprinzipien von Biomaterialien
- Grundzüge der Materialmechanik

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sicherer Umgang mit analytischen und numerischen Methoden der Materialmechanik

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen und Interesse an aktuellen theoretischen und praktischen Fragestellungen im biologisch-medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich
- Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Verpflichtende Voraussetzungen: Vorkenntnisse können im folgenden Modul erworben werden: *Basics of Biomaterials and Biomechanics*

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Seminararbeiten zu aktuellen vertiefenden Themen mit einem immanenten wissenschaftlichen Diskurs, Literaturrecherche
- Projektbezogene Arbeiten mit einem theoretischen und/oder praktischen Inhalt
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Aus der folgenden Liste sind Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren, wobei mindestens 3 ECTS aus den Lehrveranstaltungstypen UE, LU, VU, SE, PR zu wählen sind.

- 3,0/2,0 VO Multiscale Material Modelling
- 2,0/2,0 UE Multiscale Material Modelling
- 1,5/1,0 VO Basics of Lung Physiology and Ventilation Technique in Medicine
- 2,0/1,5 VO Waves, Imaging and Fluid-Structure Interactions in Medicine and Biology
- 3,0/2,0 SE Biomechanics of the Human Locomotor System
- 1,5/1,0 VO Cardiovascular System Dynamics
- 3,0/2,0 VO Engineering Biochemoporomechanics
- 2,0/2,0 UE Engineering Biochemoporomechanics
- 3,0/2,0 VO Experimental Mechanics and Characterization of the Hierarchical Structure of Biological Tissues
- 2,0/2,0 LU Experimental Determination of Mechanical Properties of Biological Tissues
- 3,0/2,0 VO Mechanical Properties of Biological Tissues
- 2,0/1,5 VU Biomechanical Testing of Bone and Orthopedic Implants
- 5,0/4,0 VU Finite Element Methods in Biomechanics
- 2,0/2,0 LU Fracture Mechanics
- 3,0/2,0 VO Injury Mechanics
- 3,0/2,0 LU Laboratory Course the Motor Muscle
- 3,0/2,0 VO Materials Characterization
- 3,0/2,0 VO Prosthetics
- 3,0/2,0 SE Seminar of Biofluid Mechanics
- 2,0/2,0 VU Additive Manufacturing Technologies
- 3,0/2,0 LU Rehabilitation Engineering
- 3,0/2,0 VO The Motor Muscle
- 2,0/2,0 UE Tissue Biomechanics
- 3,0/2,0 SE Tissue Biomechanics
- 2,0/2,0 LU Tissue Biomechanics
- 1,0/1,0 UE Transport phenomena in biological systems
- 3,0/2,0 VO Biomedical Fluid Mechanics: Selected Topics
- 3,0/2,0 VO Chemistry and Biology of Polymeric Biomaterials
- 1,5/1,0 VO Macromolecular Chemistry for BME
- 3,0/2,0 VU Cardiovascular fluid mechanics

Basics of Biomedical Signals and Instrumentation

Regelarbeitsaufwand: 15,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Grundlagen bioanalytischer Instrumentierung und massenspektrometrischer Konzepte für den Einsatz in der biomedizinischen und medizinischen Forschung erklären,
- Messprinzipien und Technologie gängiger Sensorelemente, mikroelektronischer Bauelemente, Mikro- und Nano-systeme in der biomedizinischen Technik sowie deren Anwendungsgebiete diskutieren und anwenden,
- Funktionsweise, Technologie und Einsatz von Biochips (DNA/protein/cell chips) schildern,
- Grundlagen des Lasers und die wichtigsten laserspektroskopischen Methoden für klinischen und wissenschaftlichen Einsatz erläutern,
- Prinzipien und Ausführungsformen von biomedizinischen Sensoren zur Erfassung nicht-elektrischer Größen konzipieren, sowie
- funktionale biomedizinische Schnittstellen zwischen mikrostrukturierten biokompatiblen Oberflächen und mikroelektronischen Bauelementen zur Erfassung von diversen biomedizinischen Signalen beschreiben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die theoretischen Kenntnisse auf medizintechnische Fragestellungen anwendungsorientiert verwerten, insbesondere im Bereich der massenspektrometrischen Analysatoren,
- physikalisch basierte mathematischer Modelle herleiten, sowie
- treffsicheren Umgang mit biophysikalischen und biochemischen Grundbegriffen zur Bearbeitung von biomedizintechnische Fragestellungen beherrschen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die theoretischen Kenntnisse auf medizintechnische Fragestellungen anwendungsorientiert verwerten, insbesondere im Bereich der massenspektrometrischen Analysatoren,
- physikalisch basierte mathematischer Modelle herleiten, sowie
- treffsicheren Umgang mit biophysikalischen und biochemischen Grundbegriffen zur Bearbeitung von biomedizintechnische Fragestellungen beherrschen.

Inhalt: (Bio)Sensorik und biomedizinische Instrumente; Prinzipien von massenspektrometrischen Methoden betreffend Ionisation und Desorption/Ionisation von Biomolekülen, Arten der Ionentrennung und Detektion, Interpretation von Massenspektren zur Strukturaufklärung, Quantifizierung mittels Massenspektrometrie, Anwendungsbeispiele in der Biomedizinischen Massenspektrometrie; Theorie und Rahmenbedingungen für die Laserspektroskopie und Laseranwendung; Grundlagen und Theorie für die Entwicklungen im Bereich von Bioanalytische Chemie, Diagnostik, DNA/Protein und Cell Chips; Technologie und Anwendungen von Mikro- und Nanostrukturen an Oberflächen und Grenzflächen; mikrofluidische Systeme; Materialien und Methoden der Mikro- und Nano- Herstellung; Konzepte der biomedizinischen Schnittstellen mit Feldeffekttransistoren; Bioimpedanz; Grundlagenwissen zu mikroelektronischen Bauelementen und Funktionsgruppen zur Erfassung von biomedizinischen Signalen

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse in Physik, Biophysik, Materialkunde, Biochemie und Modellbildung

Kognitive und praktische Kompetenzen: Umgang mit und Beherrschung von den mathematischen Grundlagen, Verständnis der mathematischen Konzepte zur Beschreibung von zeitdiskreten Signalen, modellhaftes Denken

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen und Interesse an aktuellen theoretischen und praktischen Fragestellungen im biologisch-medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich

Erwartete Vorkenntnisse können in den folgenden Modulen erworben werden: *Biophysics and Biomechanics*, *Biosignals and Bioinstrumentation* und *Biomedical Signal Processing*

Verpflichtende Voraussetzungen: Die Lehrveranstaltung *Instrumental Analytical Biochemistry VO* (3 ECTS) aus dem Modul *Biochemistry* ist verpflichtend für die Lehrveranstaltung *Biomedical Mass Spectrometry VU* (3 ECTS). Die obige verpflichtende Voraussetzung setzt auf Kenntnisse der Lehrveranstaltung *Instrumental Analytical Biochemistry VO* (3 ECTS) auf, insbesondere hinsichtlich Handhabung kleinster Flüssigkeitsvolumina und Biopolymeren im Zusammenhang mit bioanalytischen Instrumenten (= Massenspektrometern).

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VU Biomedical Mass Spectrometry

3,0/2,0 VO Biochip Technologies in (Bio)Analytical Chemistry
3,0/2,0 VO Sensors and Microsystem Technology
3,0/2,0 VO Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine
3,0/2,0 VU Biomedical Microsystems

Advances in Biomedical Signals and Instrumentation

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- theoretische Grundlagen, methodische Werkzeuge, Modellvorstellungen und experimentelle Untersuchungen zu spezifischen Themen im Bereich der biomedizinischen Signale, der Instrumente der biomedizinischen Technik und der bioanalytischen Methoden erklären, beurteilen und entwickeln,
- Zusammenhänge der Teilgebiete der biomedizinischen Technik kontrastieren, sowie
- unmittelbare einschlägige Forschungserfahrung aufweisen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- biomedizinische Problemstellungen formulieren, analysieren und lösen
- Entwicklungen durchführen und deren Auswirkungen erfassen, sowie
- Lösungskompetenz für interdisziplinäre Probleme anwenden und entwickeln.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden,
- wissenschaftlicher Literatur kompetent präsentieren,
- vertiefendes Verständnis der Schnittstelle zwischen einem physiologischen-biophysikalischen Prozess und einem Sensor bzw. Aktuator als Basis für eine strategische Innovationskompetenz in der biomedizinischen Technik präsentieren, sowie
- Fähigkeit, mit gemeinsam zu nutzenden Ressourcen umzugehen, in Teams Teilergebnisse zu erarbeiten und zu Gesamtergebnissen zusammenzuführen, demonstrieren.

Inhalt: Vertiefende und spezifische Themen im Bereich der biomedizinischen Signale und Instrumente der biomedizinischen Technik sowie bioanalytische Methoden

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse in Physik, Biophysik, Materialkunde, Biochemie, Bioanalytik und Modellbildung

Kognitive und praktische Kompetenzen: Umgang mit und Beherrschung von den mathematischen Grundlagen, Verständnis der mathematischen Konzepte zur Beschreibung von zeitdiskreten Signalen, modellhaftes Denken

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen und Interesse an aktuellen theoretischen und praktischen Fragestellungen im biologisch-medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich
- Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Erwartete Vorkenntnisse können im folgenden Modul erworben werden: *Basics of Biomedical Signals and Instrumentation*

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Seminararbeiten zu aktuellen vertiefenden Themen mit einem immanenten wissenschaftlichen Diskurs, Literaturrecherche
- Projektbezogene Arbeiten mit einem theoretischen und/oder praktischen Inhalt
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Aus der folgenden Liste sind Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren, wobei mindestens 3 ECTS aus den Lehrveranstaltungstypen UE, LU, VU, SE, PR zu wählen sind.

3,0/2,0 VO Applied Vibrational Spectroscopy

2,0/1,3 VO Sample Preparation and Basic Concepts in Bioanalysis

2,0/2,0 PR Biomedical Sensor and Signals

5,0/4,0 VU Selected Topics - Biophysics

1,5/1,0 VO Biosensors and Bioprocess Analytics

3,0/2,0 VO Chemical Nanoscopy

3,0/2,0 VO Assistive Technologies 2

3,0/2,0 VO Assistive Technologies 1

3,0/2,0 VO Industrial Proteomics

3,0/2,0 VO Process technologies for microelectronic, photonic and microsystem devices

3,0/2,0 VO Rehabilitation Technology Course

3,0/2,0 LU Rehabilitation Technology Laboratory

3,0/2,0 SE Rehabilitation Technology Seminar

3,0/3,0 VU Technical Restoration of Body Functions by Means of FES

4,5/3,0 VU Functional Electrostimulation: theory and praxis 1

4,5/3,0 VU Functional Electrostimulation: theory and praxis 2

3,0/3,0 PR Selected Topics - Microelectronic Concepts for Biomedical Interfacing

4,5/4,5 PR Microelectrodes and Microfluidics for Biomedical Applications
3,0/2,0 UE Medical Image Processing
3,0/2,0 VU Biosignal Analysis using Matlab
2,0/1,5 VO Lab-on-a-chip Technologies
2,0/1,5 VO Organ-on-a-chip Technologies
2,0/2,0 UE Rapid prototyping of microfluidic devices
2,0/1,5 VO Organische Massenspektrometrie
3,0/2,0 VO Sensoren und optoelektronische Bauelemente
3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme
3,0/2,0 VO Genomics technologies, processes and instrumentation
3,0/3,0 UE Genomic technologies and processes

Basics of Mathematical and Computational Biology

Regelarbeitsaufwand: 15 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Grundlegende Begriffe der Bioinformatik formulieren und unterscheiden,
- DNA, RNA und Proteinanalyse, sowie molekulare Taxonomie diskutieren,
- die mathematische Modellierung physiologischer Prozesse im Rahmen der Regelungsmathematik formulieren und in Computersimulationen durchführen,
- Neuronale Modelle erläutern und Elektrostimulation illustrieren, sowie
- Computersimulation von Biomaterialien und ihrer mechanischen Eigenschaften unterscheiden und entwickeln.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- bioinformatische Techniken und Datenbanken benutzen,
- regelungsmathematische Modelle und deren Anwendung in der Physiologie klassifizieren, konstruieren und in Simulationen lösungsorientiert verwenden,
- physiologische Vorgänge formal-mathematisch quantifizieren und darstellen, sowie
- moderne bioinformatische und mathematische Verfahren zur Lösung aktueller Problemstellungen in Genetik, Physiologie und Implantologie anwenden.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken und arbeiten,
- sich eigenständig weiterbilden, sowie

- strategisches mathematisches Verständnis in Verbindung mit modernen Methoden der Informatik und der Computations Sciences zur Innovation in der Quantifizierung physiologischer Prozesse und im Entwurf neuer Diagnose/Therapieformen präsentieren.

Inhalt: Einführung in die Bioinformatik; wichtige Techniken zu Genanalyse, molekularer Evolution und Datenbanken; Modellbildung und Simulation physiologischer und pathologischer Prozesse; Material- und Struktursimulation biologischer Systeme

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen der Biophysik, Biomechanik, höheren Mathematik, Signalverarbeitung und Biomaterialwissenschaft

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Anwendung der Grundbegriffe der höheren Mathematik und Nutzung deren grundlegenden Methoden im Scientific Computing

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Arbeitsdisziplin bei der Aneignung anspruchsvoller mathematisch-physikalischer Zusammenhänge

Erwartete Vorkenntnisse können in den folgenden Modulen erworben werden: *Scientific Computing, Basics of Physiology, Biophysics and Biomechanics, Biomedical Signal Processing* und *Biomaterials and Tissue Engineering*

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Bioinformatics for Biomedical Engineers

3,0/2,0 VU Computational Biomaterials and Biomechanics

3,0/2,0 VU Computer Simulation in Medicine

3,0/2,0 VU Control Models in Physiology

3,0/2,0 VO Neuron Modeling

Advances in Mathematical and Computational Biology

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- die Grundzüge der Hirn- und Hörforschung darstellen,
- tiefgehendes Verständnis für Computersimulation darstellen,
- Methoden der Modellbildung und Simulation, Systemtheorie und Automatisierungstechnik darstellen und anwenden,
- numerische Mathematik benutzen um anwendungsorientierte Probleme zu lösen, sowie
- stochastische Prozesse erklären und in konkreten Fragestellungen benutzen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- in medizinischen Computersimulation Expertisen aufweisen,
- die Behandlung von forschungsnahen Aufgaben durchführen, sowie
- Lösungskompetenz für interdisziplinäre Probleme entwickeln.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden,
- wissenschaftliche Literatur kompetent präsentieren,
- vertiefendes Verständnis der Schnittstelle zwischen mathematischen/rechnerischen Methoden und experimentellen Daten aus der Biomedizin herstellen,
- Weitergabe fachlichen Wissens und dessen Anwendung im Bereich von Computersimulation (in der Medizin) konzipieren, sowie
- mit gemeinsam zu nutzenden Ressourcen umgehen, in Teams Teilergebnisse erarbeiten und zu Gesamtergebnissen zusammenführen.

Inhalt: Spezialkapitel und tiefgehende Themen aus den Bereichen von Management biologischer Daten, Gehirnmodellierung, Hörtheorie, Computergraphik und stochastische Mathematik

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen in Bioinformatik, Regelungsmathematik und Computational Biomaterial Science

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Formulierung, Klassifizierung und Einsetzung von Computermodellen in der Biomedizin

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen und Interesse an aktuellen theoretischen und praktischen Fragestellungen im biologisch-medizinisch-ingenieurwissenschaftlichen Bereich
- Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Erwartete Vorkenntnisse können im folgenden Modul erworben werden: *Basics of Mathematical and Computational Biology*

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Seminararbeiten zu aktuellen vertiefenden Themen mit einem immanenten wissenschaftlichen Diskurs, Literaturrecherche
- Projektbezogene Arbeiten mit einem theoretischen und/oder praktischen Inhalt
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Aus der folgenden Liste sind Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren, wobei mindestens 3 ECTS aus den Lehrveranstaltungstypen UE, LU, VU, SE, PR zu wählen sind.

- 1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology
- 3,0/2,0 VO Biometry and Epidemiology
- 3,0/2,0 VO Brain Modelling
- 3,0/3,0 UE Computer Simulation in Medicine
- 3,0/2,0 PR Computer Training in Biomathematics
- 3,0/2,0 VO Epidemiology
- 4,5/3,0 VO Finite Element Methods
- 3,0/2,0 SE Hearing Theory
- 3,0/2,0 VO Identification/experimental modelling
- 3,0/2,0 VO Mathematical Models of Drug use and Drug Control
- 3,0/2,0 VU Modelling and Analysis of the Cardiovascular System
- 4,5/3,0 VU Machine Learning for Visual Computing
- 4,5/3,0 VU Optimization
- 3,0/2,0 SE Research Seminar on Computer Graphics
- 4,5/3,0 VO Stationary Processes and Time Series Analysis
- 4,5/3,0 VO Theory of Stochastic Processes
- 1,5/1,0 UE Theory of Stochastic Processes
- 1,5/1,0 UE Stationary Processes and Time Series Analysis
- 3,0/2,0 VO Computational Neuroscience
- 3,0/2,0 VU Modelling and Simulation in Health Technology Assessment
- 3,0/2,0 VU Advanced Modeling and Simulation
- 3,0/2,0 VU AKMOD: Angewandte Modellbildung in der Systemsimulation
- 3,0/2,0 SE AKMOD: Mathematische Modellbildung in der Systemsimulation
- 6,0/4,0 PR AKMOD: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme
- 5,0/4,0 VU Scientific Programming for Interdisciplinary Mathematics
- 4,5/3,0 VU Automatisierung
- 3,0/2,0 VU Modellierung
- 4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der Modellbildung
- 3,0/2,0 VO Regelungssysteme 1
- 4,5/3,0 VO Regelungssysteme 2
- 1,5/1,0 LU Labor Regelungssysteme 1

4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung
 3,0/2,0 VO Machine Vision
 3,0/2,0 VU Machine Learning for Health Informatics
 4,5/3,0 VO Modellierung mit part. Differentialgleichungen
 1,5/1,0 UE Modellierung mit part. Differentialgleichungen
 5,0/4,0 VO Numerik von Differentialgleichungen
 3,0/2,0 UE Numerik von Differentialgleichungen
 4,5/3,0 VO Numerik partieller Differentialgleichungen: stationäre Probleme
 1,5/1,0 UE Numerik partieller Differentialgleichungen: stationäre Probleme
 4,5/3,0 VO Numerik partieller Differentialgleichungen: instationäre Probleme
 1,5/1,0 UE Numerik partieller Differentialgleichungen: instationäre Probleme
 4,0/4,0 UE Angewandte Bioinformatik
 1,5/1,0 VO Modellierung, Simulation und Steuerung von Bioprozessen
 3,0/2,0 VU Mechanobiology - Fundamentals and Modeling Concepts
 3,0/2,0 VU Cardiovascular fluid mechanics

Basics of Medical Physics and Imaging

Regelarbeitsaufwand: 15,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- physikalische Grundlagen der Lichtmikroskopie zusammenfassen,
- physikalische Grundlagen der Bildgebung mit Röntgenstrahlung zusammenfassen,
- elementare Grundlagen der Kernphysik beschreiben,
- Bildgebung mit offenen radioaktiven Stoffen erklären,
- Grundlagen der Strahlenbiophysik erläutern,
- Tomographie und Computer-Tomographie beschreiben,
- Bildrekonstruktionsverfahren und digitale Bildverarbeitung beurteilen,
- Superresolution Mikroskopie verstehen, sowie
- Ultraschall in Diagnose und Therapie darstellen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- konkrete bildgebende Methoden treffsicher auswählen,
- die gewonnenen Bilder interpretieren,
- mathematische Methoden zur Bildbearbeitung bzw. -analyse anwenden, sowie
- diagnostische Bilder in ihrem Aussagegehalt verstehen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden, sowie
- den Aussagegehalt von diagnostischen Bildern als Basis für Innovationskompetenz und Kreativität in Zusammenarbeit mit Ärzten interpretieren.

Inhalt: Grundlegende Kenntnisse über physikalische Phänomene, welche in bildgebenden Verfahren ausgenutzt werden; Auswirkung der Verfahren auf biomedizinische Proben (Organe, Gewebe, Zellen); die Möglichkeiten der mathematischen Bildbearbeitung sowie der quantitativen Analyse

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse in Physik, Biophysik und Biologie

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Anwendung der Grundbegriffe der höheren Mathematik

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Interesse an der interdisziplinären Schnittstelle zwischen Physik, Biologie und Medizin

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

3,0/2,0 VO Biological and Medical Applications of Nuclear Physics I

3,0/2,0 VO Computerassisted Imaging Concepts

3,0/2,0 VO Microscopy of Biomolecules

3,0/2,0 VO Medical Physics of Diagnostic Imaging

3,0/2,0 VU Ultrasound in Nature, Engineering and Medicine

Advances in Medical Physics and Imaging

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Grundlagen der Biophysik elektromagnetischer Felder und Wellen; Ionenkanäle und Ionenpumpen; Strahlenphysik und Strahleneffekte beschreiben,

- Ausbreitung und Absorption von Licht in Materie sowie Wechselwirkung von Licht mit biologischem Gewebe beurteilen,
- Grundlagen zum Laser, Methoden der Laserspektroskopie erläutern,
- Magnetresonanz-Tomographie und Einzelmolekül-Mikroskopie beschreiben,
- biomedizinische Visualisierung, Grundlagen der Mustererkennung, Analyse von Bilddaten erklären,
- Zusammenhänge der Teilgebiete der biomedizinischen Technik darstellen, sowie
- unmittelbare einschlägige Forschungserfahrung aufweisen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- mit Mikroskop praktisch umgehen,
- den Aussagegehalt von diagnostischen Bildern vertieft verstehen,
- biomedizinische Problemstellungen formulieren, analysieren und lösen,
- Entwicklungen durchführen und deren Auswirkungen erfassen, sowie
- interdisziplinäre Probleme kompetent lösen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- sich weiterbilden,
- wissenschaftliche Literatur kompetent präsentieren,
- den Aussagegehalt von diagnostischen Bildern als Basis für Innovationskompetenz und Kreativität in Zusammenarbeit mit Ärzten vertieft interpretieren, sowie
- mit gemeinsam zu nutzenden Ressourcen umgehen, in Teams Teilergebnisse erarbeiten und zu Gesamtergebnissen zusammenführen.

Inhalt: Weiterführende Themen in Hinblick auf physikalische Grundlagen, modernste Technologien, sowie Methoden zur Bildbearbeitung; Vertiefung der Kenntnisse durch Praktika und Übungen

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse in Physik, Biophysik und Biologie

Kognitive und praktische Kompetenzen:

- Sichere Anwendung der Grundbegriffe der höheren Mathematik
- Sicheres Arbeiten im Labor
- Selbständige Literaturrecherche

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Interesse an der interdisziplinären Schnittstelle zwischen Physik, Biologie und Medizin

- Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Erwartete Vorkenntnisse können im folgenden Modul erworben werden: *Basics of Medical Physics and Imaging*.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Frontalvortrag in der UE (Vorrechnen von Beispielen)
- Laborübungen und -besichtigung in der UE und VU
- Schriftliche Übungstests während des Semesters
- Schriftliche Protokolle zum Labor- und/oder Übungsbesuch während des Semesters
- Seminararbeiten zu aktuellen vertiefenden Themen mit einem immanenten wissenschaftlichen Diskurs, Literaturrecherche
- Projektbezogene Arbeiten mit einem theoretischen und/oder praktischen Inhalt
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

Lehrveranstaltungen des Moduls: Aus der folgenden Liste sind Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren, wobei mindestens 3 ECTS aus den Lehrveranstaltungstypen UE, LU, VU, SE, PR zu wählen sind.

- 3,0/2,0 VO Molecular Biophysics
- 1,5/1,0 UE Molecular Biophysics
- 2,0/2,0 PR Microscopy of Biomolecules
- 2,0/2,0 SE Single Molecule Microscopy
- 2,0/2,0 SE Application of Radiation Physics in Engineering and Medicine
- 3,0/2,0 VO Biological and Medical Applications of Nuclear Physics II
- 5,0/4,0 VU Selected Topics - Biophysics
- 3,0/2,0 SE Computer Graphics
- 3,0/2,0 VO Introduction to Biophysic
- 2,0/2,0 UE Introduction to Digital Image Processing
- 3,0/2,0 VO Introduction to Pattern Recognition
- 3,0/2,0 UE Introduction to Pattern Recognition
- 3,0/2,0 VO Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine
- 3,0/2,0 UE Medical Image Processing
- 4,5/3,0 VO Radiation Physics
- 3,0/2,0 UE 3D Vision
- 3,0/2,0 VO 3D Vision
- 2,0/2,0 UE Statistical Pattern Recognition
- 3,0/2,0 VO Statistical Pattern Recognition
- 3,0/2,0 VU Visualization of Medical Data 2
- 3,0/2,0 VO Functional Imaging Technology and Devices - Physical Principles
- 3,0/2,0 VO Application of ionizing radiation in medicine
- 3,0/2,0 VO Particle Accelerators
- 3,0/2,0 VU Selected Chapters from Medical Visualization
- 2,0/1,5 VO Spatial Omics

3,0/2,0 VO Kolloid und Grenzflächenphysik
3,0/2,0 VO Einführung in die medizinphysikalischen Grundlagen der Ionentherapie
1,5/1,0 VO Mammalian Cell Culture
2,0/2,0 LU Mammalian Cell Culture

Project Biomedical Engineering

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- theoretische Grundlagen, methodische Werkzeuge, Modellvorstellungen und experimentelle Untersuchungen zur biomedizinischen Technik benutzen und entwerfen,
- Zusammenhänge der Teilgebiete der biomedizinischen Technik kontrastieren, sowie
- unmittelbare einschlägige Forschungserfahrung aufweisen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- biomedizinische Problemstellungen formulieren, analysieren und lösen,
- Entwicklungen durchführen und deren Auswirkungen erfassen, sowie
- Lösungskompetenz für interdisziplinäre Probleme anwenden und entwickeln.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken,
- Fähigkeit zur Weiter- und Teambildung demonstrieren,
- kommunizieren, präsentieren und vermitteln, sowie
- wissenschaftliche Literatur kompetent präsentieren.

Inhalt: Dieses Modul vermittelt praktische Erfahrungen in der Anwendung des während des Studiums akquirierten Wissens im Rahmen eines einschlägigen Forschungsprojektes in der biomedizinischen Technik. Angemessene Verwendung wissenschaftlicher Literatur und Kommunikation der erhaltenen Ergebnisse in der Form eines technischen Berichtes sind Gegenstand des Moduls.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Biomedizinische, mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, vertiefende biomedizinische Kenntnisse in einem Ingenieurfach.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Sichere Anwendung mathematischer Werkzeuge, grundlegende Erfahrungen im Umgang mit statistischen Daten, Beherrschung biomedizinischer Fachbegriffe, Vorhandensein von Programmierkenntnissen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Teamfähigkeit, Arbeitsdisziplin, Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Projektbezogene Arbeiten mit einem theoretischen und/oder praktischen Inhalt, eigenständige Ausarbeitung projektbezogener Problemstellungen, ggf. Gruppenarbeit in Absprache mit der Lehrveranstaltungsleitung.

Leistungsbeurteilung anhand laufender Beurteilung, eines prägnanten technischen Berichtes und einer mündlichen Verteidigung.

Lehrveranstaltungen des Moduls: Aus der folgenden Liste ist eine Lehrveranstaltung im Umfang von 6 ECTS entsprechend dem gewählten Schwerpunkt verpflichtend zu absolvieren.

6,0/6,0 PR Project: Biomaterials and Biomechanics

6,0/6,0 PR Project: Biomedical Instrumentation and Signals

6,0/6,0 PR Project: Mathematical and Computational Biolog

6,0/6,0 PR Project: Medical Physics and Imaging

Free Electives and Transferable Skills

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

Inhalt: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen

Lehrveranstaltungen des Moduls: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können frei aus dem Angebot an wissenschaftlichen und künstlerischen Lehrveranstaltungen, die der Vertiefung des Faches oder der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen dienen, aller anerkannten in- und ausländischen postsekundären Bildungseinrichtungen ausgewählt werden, mit der Einschränkung, dass zumindest 4,5 ECTS aus den Themenbereichen der Transferable Skills zu wählen sind.

Für die Themenbereiche der Transferable Skills werden insbesondere Lehrveranstaltungen aus dem zentralen Wahlfachkatalog der TU Wien für „Transferable Skills“ empfohlen sowie weitere Lehrveranstaltungen wie beispielsweise zu: Bioethik, biomedizinischer Technikfolgenabschätzung, Verhandlungsführung, Präsentations- und Kommunikationstechnik, systematische Recherche und Planung, Konfliktmanagement, Teamfähigkeit und Führung, Organisation und Management, Betriebsgründung und Finanzierung,

Verständnis rechtlicher Rahmenbedingungen, Verbesserung von Fremdsprachenkenntnissen.

B. Lehrveranstaltungstypen

EX: Exkursionen sind Lehrveranstaltungen, die außerhalb des Studienortes stattfinden. Sie dienen der Vertiefung von Lehrinhalten im jeweiligen lokalen Kontext.

LU: Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in Gruppen unter Anleitung von Betreuer_innen experimentelle Aufgaben lösen, um den Umgang mit Geräten und Materialien sowie die experimentelle Methodik des Faches zu lernen. Die experimentellen Einrichtungen und Arbeitsplätze werden zur Verfügung gestellt.

PR: Projekte sind Lehrveranstaltungen, in denen das Verständnis von Teilgebieten eines Faches durch die Lösung von konkreten experimentellen, numerischen, theoretischen oder künstlerischen Aufgaben vertieft und ergänzt wird. Projekte orientieren sich an den praktisch-beruflichen oder wissenschaftlichen Zielen des Studiums und ergänzen die Berufsvorbildung bzw. wissenschaftliche Ausbildung.

SE: Seminare sind Lehrveranstaltungen, bei denen sich Studierende mit einem gestellten Thema oder Projekt auseinandersetzen und dieses mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten, wobei eine Reflexion über die Problemlösung sowie ein wissenschaftlicher Diskurs gefordert werden.

UE: Übungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Studierenden das Verständnis des Stoffes der zugehörigen Vorlesung durch Anwendung auf konkrete Aufgaben und durch Diskussion vertiefen. Entsprechende Aufgaben sind durch die Studierenden einzeln oder in Gruppenarbeit unter fachlicher Anleitung und Betreuung durch die Lehrenden (Universitätslehrer_innen sowie Tutor_innen) zu lösen. Übungen können auch mit Computerunterstützung durchgeführt werden.

VO: Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze vorgetragen werden. Bei Vorlesungen herrscht keine Anwesenheitspflicht.

VU: Vorlesungen mit integrierter Übung vereinen die Charakteristika der Lehrveranstaltungstypen VO und UE in einer einzigen Lehrveranstaltung.

C. Übergangsbestimmungen

1. Sofern nicht anders angegeben, wird im Folgenden unter Studium das *Masterstudium Biomedical Engineering (Studienkennzahl UE 066 453)* verstanden. Der Begriff neuer Studienplan bezeichnet diesen ab 1.10.2023 für dieses Studium an der Technischen Universität Wien gültigen Studienplan und alter Studienplan den bis dahin gültigen. Entsprechend sind unter neuen bzw. alten Lehrveranstaltungen solche des neuen bzw. alten Studienplans zu verstehen. Mit studienrechtlichem Organ ist das für das *Masterstudium Biomedical Engineering* zuständige studienrechtliche Organ an der Technischen Universität Wien gemeint.
2. Die Übergangsbestimmungen gelten für Studierende, die den Studienabschluss gemäß neuem Studienplan an der Technischen Universität Wien einreichen und die vor dem 1.7.2023 zum *Masterstudium Biomedical Engineering* an der Technischen Universität Wien zugelassen waren. Das Ausmaß der Nutzung der Übergangsbestimmungen ist diesen Studierenden freigestellt.
3. Auf Antrag der_des Studierenden kann das studienrechtliche Organ die Übergangsbestimmungen individuell modifizieren oder auf nicht von Absatz 2 erfasste Studierende ausdehnen.
4. Zeugnisse über Lehrveranstaltungen, die inhaltlich äquivalent sind, können nicht gleichzeitig für den Studienabschluss eingereicht werden. Im Zweifelsfall entscheidet das studienrechtliche Organ über die Äquivalenz.
5. Zeugnisse über alte Lehrveranstaltungen können, sofern im Folgenden nicht anders bestimmt, jedenfalls für den Studienabschluss verwendet werden, wenn die Lehrveranstaltung von der_dem Studierenden mit Stoffsemester Sommersemester 2023 oder früher absolviert wurde.
6. Lehrveranstaltungen, die in früheren Versionen des Studienplans in einzelnen Wahlmodulen enthalten waren, können auch weiterhin für den Abschluss des Studiums verwendet werden.
7. Überschüssige ECTS-Punkte aus den Pflichtmodulen können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in Wahlmodulen sowie als Freie Wahlfächer und/oder Transferable Skills verwendet werden. Überschüssige ECTS-Punkte aus den Wahlmodulen können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in den Freien Wahlfächern und/oder Transferable Skills verwendet werden.
8. Bisher geltende Übergangsbestimmungen bleiben bis auf Widerruf weiterhin in Kraft. In Ergänzung dazu gelten die in Absatz 9 angeführten Bestimmungen.
9. Im Folgenden wird jede Lehrveranstaltung (*alt* oder *neu*) durch ihren Umfang in ECTS-Punkten (erste Zahl) und Semesterstunden (zweite Zahl), ihren Typ und ihren Titel beschrieben. Es zählt der ECTS-Umfang der tatsächlich absolvierten Lehrveranstaltung.

Die Lehrveranstaltungen auf der linken Seite der nachfolgenden Tabelle bezeichnen die alten Lehrveranstaltungen, auf der rechten Seite die neuen. Lehrveranstaltungen, die unter demselben Punkt in der Tabelle angeführt sind, gelten insofern als äquivalent, dass nur eine davon für den Abschluss des Studiums verwendet werden darf.

Alt	Neu
1,0/1,0 VO Mammalian Cell Culture	2,0/2,0 VO Mammalian Cell Culture

D. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

1. Semester (WS)

3,0 VO Biology

4,5 VO Anatomy and Histology

4,5 VO Physiology and Basics of Pathology

1,5 VU Introduction to Microscopy in Biology

1,5 VO Introduction to Biostatistics

9,0 ECTS aus den gewählten Modulen der *Fundamentals*

6,0 ECTS aus dem *Basic*-Modul des gewählten Schwerpunktes

2. Semester (SS)

15,0 ECTS aus den gewählten Modulen der *Fundamentals*

9,0 ECTS aus dem *Basic*-Modul des gewählten Schwerpunktes

3,0 ECTS aus dem *Advanced*-Modul des gewählten Schwerpunktes

3,0 ECTS aus dem Modul *Free Electives and Transferable Skills*

3. Semester (WS)

6 ECTS aus dem *Advanced*-Modul des gewählten Schwerpunktes

6,0 ECTS Projekt des gewählten Schwerpunktes aus dem Modul *Project Biomedical Engineering*

12,0 ECTS aus den *Basic*-Modulen und *Advanced*-Modulen der weiteren Schwerpunkte

6,0 ECTS aus dem Modul *Free Electives and Transferable Skills*

4. Semester (SS)

Diplomarbeit und kommissionelle Abschlussprüfung

E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen

Prüfungsfach „Life Sciences“ (15,0 ECTS)

Modul „Basics of Biology“ (6,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Biology
1,5/1,0 VU Introduction to Microscopy in Biology
1,5/1,0 VO Introduction to Biostatistics

Modul „Basics of Physiology“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VO Anatomy and Histology
4,5/3,0 VO Physiology and Basics of Pathology

Prüfungsfach „Fundamentals Biomedical Engineering“ (24,0 ECTS)

***Modul „Biophysics and Biomechanics“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Introduction into Biophysics
3,0/2,0 VU Introduction to Biomechanics

***Modul „Biosignals and Bioinstrumentation“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals
3,0/2,0 VU Biomedical Instrumentation

***Modul „Biochemistry“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Introduction to Biological Chemistry
3,0/2,0 VO Instrumental Analytical Biochemistry

***Modul „Biomedical Signal Processing“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Advanced Biostatistics
3,0/2,0 VO Medical Image Processing

***Modul „Biomaterials and Tissue Engineering“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Biocompatible Materials
3,0/2,0 VU Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering

***Modul „Cell Biology“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Molecular Biology of the Cell
1,5/1,0 VO Biomembranes
1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology

***Modul „Scientific Computing“ (6,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Modeling and Simulation
3,0/2,0 VU Programming with MATLAB for BME

Prüfungsfach „Biomaterials and Biomechanics“ (42,0 ECTS)

Modul „Basics of Biomaterials and Biomechanics“ (15 ECTS)

- 3,0/2,0 VO Biomaterials
- 3,0/2,0 VO Transport phenomena in biological systems
- 3,0/2,0 VU Computational Biomaterials and Biomechanics
- 3,0/2,0 VO Modelling of the Human Locomotor System
- 3,0/2,0 VO Tissue Biomechanics

Modul „Advances in Biomaterials and Biomechanics“ (9,0 ECTS)

- 3,0/2,0 VO Multiscale Material Modelling
- 2,0/2,0 UE Multiscale Material Modelling
- 1,5/1,0 VO Basics of Lung Physiology and Ventilation Technique in Medicine
- 2,0/1,5 VO Waves, Imaging and Fluid-Structure Interactions in Medicine and Biology
- 3,0/2,0 SE Biomechanics of the Human Locomotor System
- 1,5/1,0 VO Cardiovascular System Dynamics
- 3,0/2,0 VO Engineering Biochemoporomechanics
- 2,0/2,0 UE Engineering Biochemoporomechanics
- 3,0/2,0 VO Experimental Mechanics and Characterization of the Hierarchical Structure of Biological Tissues
- 2,0/2,0 LU Experimental Determination of Mechanical Properties of Biological Tissues
- 3,0/2,0 VO Mechanical Properties of Biological Tissues
- 2,0/1,5 VU Biomechanical Testing of Bone and Orthopedic Implants
- 5,0/4,0 VU Finite Element Methods in Biomechanics
- 2,0/2,0 LU Fracture Mechanics
- 3,0/2,0 VO Injury Mechanics
- 3,0/2,0 LU Laboratory Course the Motor Muscle
- 3,0/2,0 VO Materials Characterization
- 3,0/2,0 VO Prosthetics
- 3,0/2,0 SE Seminar of Biofluid Mechanics
- 2,0/2,0 VU Additive Manufacturing Technologies
- 3,0/2,0 LU Rehabilitation Engineering
- 3,0/2,0 VO The Motor Muscle
- 2,0/2,0 UE Tissue Biomechanics
- 3,0/2,0 SE Tissue Biomechanics
- 2,0/2,0 LU Tissue Biomechanics
- 1,0/1,0 UE Transport phenomena in biological systems
- 3,0/2,0 VO Biomedical Fluid Mechanics: Selected Topics
- 3,0/2,0 VO Chemistry and Biology of Polymeric Biomaterials
- 1,5/1,0 VO Macromolecular Chemistry for BME
- 3,0/2,0 VU Cardiovascular fluid mechanics
- 3,0/2,0 VO Weiche Materie: Analysemethoden und Anwendungen

Modul „Project Biomedical Engineering“ (6,0 ECTS)

- 6,0/6,0 PR Project: Biomaterials and Biomechanics
- 6,0/6,0 PR Project: Biomedical Instrumentation and Signals
- 6,0/6,0 PR Project: Mathematical and Computational Biolog
- 6,0/6,0 PR Project: Medical Physics and Imaging

Prüfungsfach „Biomedical Signals and Instrumentation“ (42,0 ECTS)

Modul „Basics of Biomedical Signals and Instrumentation“ (15,0 ECTS)

- 3,0/2,0 VU Biomedical Mass Spectrometry
- 3,0/2,0 VO Biochip Technologies in (Bio)Analytical Chemistry
- 3,0/2,0 VO Sensors and Microsystem Technology
- 3,0/2,0 VO Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine
- 3,0/2,0 VU Biomedical Microsystems

Modul „Advances in Biomedical Signals and Instrumentation“ (9,0 ECTS)

- 3,0/2,0 VO Applied Vibrational Spectroscopy
- 2,0/1,3 VO Sample Preparation and Basic Concepts in Bioanalysis
- 2,0/2,0 PR Biomedical Sensor and Signals
- 5,0/4,0 VU Selected Topics - Biophysics
- 1,5/1,0 VO Biosensors and Bioprocess Analytics
- 3,0/2,0 VO Chemical Nanoscopy
- 3,0/2,0 VO Assistive Technologies 2
- 3,0/2,0 VO Assistive Technologies 1
- 3,0/2,0 VO Industrial Proteomics
- 3,0/2,0 VO Process technologies for microelectronic, photonic and microsystem devices
- 3,0/2,0 VO Rehabilitation Technology Course
- 3,0/2,0 LU Rehabilitation Technology Laboratory
- 3,0/2,0 SE Rehabilitation Technology Seminar
- 3,0/3,0 VU Technical Restoration of Body Functions by Means of FES
- 4,5/3,0 VU Functional Electrostimulation: theory and praxis 1
- 4,5/3,0 VU Functional Electrostimulation: theory and praxis 2
- 3,0/3,0 PR Selected Topics - Microelectronic Concepts for Biomedical Interfacing
- 4,5/4,5 PR Microelectrodes and Microfluidics for Biomedical Applications
- 3,0/2,0 UE Medical Image Processing
- 3,0/2,0 VU Biosignal Analysis using Matlab
- 2,0/1,5 VO Lab-on-a-chip Technologies
- 2,0/1,5 VO Organ-on-a-chip Technologies
- 2,0/2,0 UE Rapid prototyping of microfluidic devices
- 2,0/1,5 VO Organische Massenspektrometrie
- 3,0/2,0 VO Sensoren und optoelektronische Bauelemente
- 3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme

3,0/2,0 VO Genomics technologies, processes and instrumentation
3,0/3,0 UE Genomic technologies and processes

Modul „Project Biomedical Engineering“ (6,0 ECTS)

6,0/6,0 PR Project: Biomaterials and Biomechanics
6,0/6,0 PR Project: Biomedical Instrumentation and Signals
6,0/6,0 PR Project: Mathematical and Computational Biology
6,0/6,0 PR Project: Medical Physics and Imaging

Prüfungsfach „Mathematical and Computational Biology“ (42,0 ECTS)

Modul „Basics of Mathematical and Computational Biology“ (15 ECTS)

3,0/2,0 VO Bioinformatics for Biomedical Engineers
3,0/2,0 VU Computational Biomaterials and Biomechanics
3,0/2,0 VU Computer Simulation in Medicine
3,0/2,0 VU Control Models in Physiology
3,0/2,0 VO Neuron Modeling

Modul „Advances in Mathematical and Computational Biology“ (9,0 ECTS)

1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology
3,0/2,0 VO Biometry and Epidemiology
3,0/2,0 VO Brain Modelling
3,0/3,0 UE Computer Simulation in Medicine
3,0/2,0 PR Computer Training in Biomathematics
3,0/2,0 VO Epidemiology
4,5/3,0 VO Finite Element Methods
3,0/2,0 SE Hearing Theory
3,0/2,0 VO Identification/experimental modelling
3,0/2,0 VO Mathematical Models of Drug use and Drug Control
3,0/2,0 VU Modelling and Analysis of the Cardiovascular System
4,5/3,0 VU Machine Learning for Visual Computing
4,5/3,0 VU Optimization
3,0/2,0 SE Research Seminar on Computer Graphics
4,5/3,0 VO Stationary Processes and Time Series Analysis
4,5/3,0 VO Theory of Stochastic Processes
1,5/1,0 UE Theory of Stochastic Processes
1,5/1,0 UE Stationary Processes and Time Series Analysis
3,0/2,0 VO Computational Neuroscience
3,0/2,0 VU Modelling and Simulation in Health Technology Assessment
3,0/2,0 VU Advanced Modeling and Simulation
3,0/2,0 VU AKMOD: Angewandte Modellbildung in der Systemsimulation
3,0/2,0 SE AKMOD: Mathematische Modellbildung in der Systemsimulation

6,0/4,0 PR AKMOD: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme
 5,0/4,0 VU Scientific Programming for Interdisciplinary Mathematics
 4,5/3,0 VU Automatisierung
 3,0/2,0 VU Modellierung
 4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der Modellbildung
 3,0/2,0 VO Regelungssysteme 1
 4,5/3,0 VO Regelungssysteme 2
 1,5/1,0 LU Labor Regelungssysteme 1
 4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung
 3,0/2,0 VO Machine Vision
 3,0/2,0 VU Machine Learning for Health Informatics
 4,5/3,0 VO Modellierung mit part. Differentialgleichungen
 1,5/1,0 UE Modellierung mit part. Differentialgleichungen
 5,0/4,0 VO Numerik von Differentialgleichungen
 3,0/2,0 UE Numerik von Differentialgleichungen
 4,5/3,0 VO Numerik partieller Differentialgleichungen: stationäre Probleme
 1,5/1,0 UE Numerik partieller Differentialgleichungen: stationäre Probleme
 4,5/3,0 VO Numerik partieller Differentialgleichungen: instationäre Probleme
 1,5/1,0 UE Numerik partieller Differentialgleichungen: instationäre Probleme
 4,0/4,0 UE Angewandte Bioinformatik
 1,5/1,0 VO Modellierung, Simulation und Steuerung von Bioprozessen
 3,0/2,0 VU Mechanobiology - Fundamentals and Modeling Concepts
 3,0/2,0 VU Cardiovascular fluid mechanics

Modul „Project Biomedical Engineering“ (6,0 ECTS)

6,0/6,0 PR Project: Biomaterials and Biomechanics
 6,0/6,0 PR Project: Biomedical Instrumentation and Signals
 6,0/6,0 PR Project: Mathematical and Computational Biolog
 6,0/6,0 PR Project: Medical Physics and Imaging

Prüfungsfach „Medical Physics and Imaging“ (42,0 ECTS)

Modul „Basics of Medical Physics and Imaging“ (15,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Biological and Medical Applications of Nuclear Physics I
 3,0/2,0 VO Computerassisted Imaging Concepts
 3,0/2,0 VO Microscopy of Biomolecules
 3,0/2,0 VO Medical Physics of Diagnostic Imaging
 3,0/2,0 VU Ultrasound in Nature, Engineering and Medicine

Modul „Advances in Medical Physics and Imaging“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Molecular Biophysics
 1,5/1,0 UE Molecular Biophysics
 2,0/2,0 PR Microscopy of Biomolecules

2,0/2,0 SE Single Molecule Microscopy
 2,0/2,0 SE Application of Radiation Physics in Engineering and Medicine
 3,0/2,0 VO Biological and Medical Applications of Nuclear Physics II
 5,0/4,0 VU Selected Topics - Biophysics
 3,0/2,0 SE Computer Graphics
 3,0/2,0 VO Introduction to Biophysic
 2,0/2,0 UE Introduction to Digital Image Processing
 3,0/2,0 VO Introduction to Pattern Recognition
 3,0/2,0 UE Introduction to Pattern Recognition
 3,0/2,0 VO Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine
 3,0/2,0 UE Medical Image Processing
 4,5/3,0 VO Radiation Physics
 3,0/2,0 UE 3D Vision
 3,0/2,0 VO 3D Vision
 2,0/2,0 UE Statistical Pattern Recognition
 3,0/2,0 VO Statistical Pattern Recognition
 3,0/2,0 VU Visualization of Medical Data 2
 3,0/2,0 VO Functional Imaging Technology and Devices - Physical Principles
 3,0/2,0 VO Application of ionizing radiation in medicine
 3,0/2,0 VO Particle Accelerators
 3,0/2,0 VU Selected Chapters from Medical Visualization
 2,0/1,5 VO Spatial Omics
 3,0/2,0 VO Kolloid und Grenzflächenphysik
 3,0/2,0 VO Einführung in die medizinphysikalischen Grundlagen der Ionentherapie
 1,5/1,0 VO Mammalian Cell Culture
 2,0/2,0 LU Mammalian Cell Culture

Modul „Project Biomedical Engineering“ (6,0 ECTS)

6,0/6,0 PR Project: Biomaterials and Biomechanics
 6,0/6,0 PR Project: Biomedical Instrumentation and Signals
 6,0/6,0 PR Project: Mathematical and Computational Biolog
 6,0/6,0 PR Project: Medical Physics and Imaging

Prüfungsfach „Free Electives and Transferable Skills“ (9,0 ECTS)

Modul „Free Electives and Transferable Skills“ (9,0 ECTS)

Prüfungsfach „Diplomarbeit“ (30,0 ECTS)

27,0 ECTS Diplomarbeit
 3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung