



# Studienplan für das Masterstudium Biomedical Engineering der Technischen Universität Wien

**Beschluss des Senats vom 27. Juni 2011**

## **Inhaltsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Motivation und Konzept.....   | 2  |
| § 1 Grundlage und Geltungsbereich.....  | 2  |
| § 2 Qualifikationsprofil der Absolventinnen und Absolventen .....                     | 2  |
| § 3 Umfang, Struktur und Inhalt des Studiums.....                                     | 3  |
| § 4 Prüfungsfächer .....  | 5  |
| § 5 Zusatzqualifikationen (Soft Skills) und Freie Wahlfächer.....                     | 7  |
| § 6 Diplomarbeit .....  | 7  |
| § 7 Prüfungsordnung.....  | 7  |
| § 8 Diplomprüfung.....  | 8  |
| § 9 Abschlusszeugnis über die Studienleistungen, akademischer Grad.....               | 8  |
| § 10 Austausch von Lehrveranstaltungen .....  | 8  |
| § 11 Rahmenbedingungen für das Qualitätsmanagement.....                               | 9  |
| ANHANG 1: Begriffsbestimmungen .....  | 10 |
| ANHANG 2: Semestereinteilung, Lehrveranstaltungen und ECTS-Punkte .....               | 12 |
| ANHANG 3: Wahlfachkataloge .....  | 13 |
| ANHANG 4a: Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen Life Sciences.....              | 16 |
| ANHANG 4b: Lehrinhalte der integrativen Pflichtlehrveranstaltungen.....               | 17 |
| ANHANG 4c: Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen in den vier Schwerpunkten ..... | 18 |

## **Motivation und Konzept**

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 kann sich die Technische Universität Wien mit einer weiteren Fokussierung ihrer Aktivitäten im Bereich Biomedical Engineering dieser Herausforderung sowohl in der Forschung als auch in der Lehre stellen.

In den Fakultäten für Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Informatik, Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, Mathematik und Geoinformation, Physik sowie Technische Chemie der Technischen Universität Wien werden sowohl in der Forschung als auch in der Lehre zahlreiche Teilgebiete des Biomedical Engineering mit Erfolg abgedeckt. Die einschlägigen Lehrkompetenzen sollen in einem interfakultären Masterstudium Biomedical Engineering integriert werden.

Dieses internationale und forschungsorientierte Masterstudium in 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. In diesem letzten Sinne werden die Lehrveranstaltungen dieses Masterstudiums vorwiegend in englischer Sprache angeboten.

Das Masterstudium Biomedizinische Technik baut auf den Bachelorstudien der beteiligten Fakultäten auf und gibt die Möglichkeit, einen der Schwerpunkte Biomaterials & Biomechanics, Biomedical Instrumentation & Signals, Mathematical & Computational Biology sowie Medical Physics & Imaging zu wählen.

Im vorgegebenen Rahmen von vier Semestern wird es neben den Pflichtfachblöcken vier Wahlpflichtkataloge zu den Schwerpunkten geben. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, über Freifächer die persönlichen Interessen der Studierenden in einem geeigneten Umfang zu berücksichtigen.

## **§ 1 Grundlage und Geltungsbereich**

Dieser Studienplan basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 BGBl. I, Nr. 120/2002 (UG 2002) und dem Satzungsteil „Studienrechtliche Bestimmungen“ der Technischen Universität Wien in der jeweils geltenden Fassung. Er definiert und regelt das Masterstudium Biomedical Engineering an der Technischen Universität Wien und tritt mit 1. Oktober 2008 in Kraft. Die Ziele und Inhalte dieses ingenieurwissenschaftlichen Studiums orientieren sich am Qualifikationsprofil gemäß § 2.

## **§ 2 Qualifikationsprofil der Absolventinnen und Absolventen**

Die Absolventinnen und Absolventen dieses Masterstudiums in Biomedical Engineering verfügen in ausreichendem Maße über grundlegende Kenntnisse in allen Teilbereichen der Biomedizinischen Technik, um die in der Folge angegebenen Kompetenzen sicherstellen zu können:

- Sie kennen den Aufbau der Biomedizinischen Technik und die Zusammenhänge zwischen deren Teilgebieten, die dafür relevanten theoretischen Grundlagen 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 sind in der Lage, biomedizintechnische Problemstellungen 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 sind dazu befähigt, ihre Ausbildung auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.
- Sie verfügen damit über die Grundlagen für ein weiterführendes Doktoratsstudium, insbesondere für ein Doktoratsstudium der technischen Wissenschaften an der TU Wien; sie sind auch darauf vorbereitet, ihr berufliches Profil durch weiterführende Studien in anderen Fachbereichen zu erweitern.

Das Berufsbild der Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Biomedical Engineering kann folgendermaßen charakterisiert werden.

### **Tätigkeitsbereiche**

- Grundlagen- und angewandte Forschung an Universitäten, in Spitälern, an außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in der Industrie
- Entwicklung von neuen Biomaterialien, Instrumenten, 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

### **Besondere Qualifikationsmerkmale**

- Breite wissenschaftliche Grundlagenkenntnisse
- Lösungskompetenz für interdisziplinäre Probleme
- Forschungserfahrung

Im Diploma-Supplement ist die Schwerpunktbildung entsprechend der Auswahl eines der Schwerpunkte

- A) Biomaterials & Biomechanics
- B) Biomedical Instrumentation & Signals
- C) Mathematical & Computational Biology
- D) Medical Physics & Imaging

anzuführen.

## **§ 3 Umfang, Struktur und Inhalt des Studiums**

Die Begriffsbestimmungen bzw. Abkürzungen (ECTS, Soft Skills, Lehrveranstaltungstypen) sind im ANHANG 1, die Semestereinteilung ist im ANHANG 2, die gebundenen Wahlfachkataloge im ANHANG 3 und die Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen im ANHANG 4 angeführt.

Die im UG 2002 definierte Masterarbeit bzw. Masterprüfung wird im vorliegenden Studienplan als Diplomarbeit bzw. Diplomprüfung bezeichnet.

Die Regelstudienzeit für das Masterstudium, einschließlich der Ausarbeitung der Diplomarbeit, umfasst 4 Semester. Der Arbeitsaufwand für das gesamte Masterstudium umfasst 120 ECTS-Punkte,

davon 90 ECTS-Punkte entsprechend ca. 60 Semesterstunden an zu absolvierenden Lehrveranstaltungen und 30 ECTS-Punkte für die Ausarbeitung der Diplomarbeit.

Das Masterstudium Biomedical Engineering ist offen für Studierende mit dem Abschluss eines Bachelorstudiums der Fakultäten Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Informatik, Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, Mathematik und Geoinformation, Physik, Technische Chemie, oder mit einem gleichwertigen Abschluss eines gleichwertigen Studiums an einer anerkannten in- oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung. Der Einstieg in das Masterstudium Biomedical Engineering ist aber auch mit dem Abschluss eines anderen Studiums an einer anerkannten in- oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung möglich, wenn das absolvierte Studium an wissenschaftlicher Tiefe zumindest einem der zuvor angeführten Bachelorstudien vergleichbar ist. Über die Zulassung entscheidet das Studienrechtliche Organ gemäß der Geschäftsordnung des Rektorats der TU Wien.

Als Einführung in die Life Sciences müssen *Pflichtlehrveranstaltungen* im Umfang von 15 ECTS absolviert werden.

Zum Angleichen der unterschiedlichen Einstiegsqualifikationen an den Bedarf des Masterstudiums Biomedical Engineering sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 24 ECTS-Punkten aus einem Gesamtumfang von 30 ECTS-Punkten an *integrativen Pflichtfächern* zu wählen. Die einführenden Lehrveranstaltungen aus den integrierenden Pflichtfächern bauen auf Vorkenntnisse auf, die ein/eine Absolvent/-in eines Bachelorstudiums mitbringen sollte, das zur Aufnahme des Masterstudiums Biomedical Engineering berechtigt.

Im Rahmen des Masterstudiums Biomedical Engineering haben die Studierenden einen *Schwerpunkt* zu wählen. Es gibt vier Schwerpunkte:

- A) Biomaterials & Biomechanics
- B) Biomedical Instrumentation & Signals
- C) Mathematical & Computational Biology
- D) Medical Physics & Imaging

Aufbauend auf die Einführung in die Life Sciences und die Lehrveranstaltungen aus den integrativen Pflichtfächern sind die *Pflichtlehrveranstaltungen des jeweils gewählten Schwerpunkts* im Ausmaß von 15 ECTS-Punkten zu absolvieren.

Als *Technische Qualifikationen* müssen darüber hinaus Wahllehrveranstaltungen im Gesamtumfang von 21 ECTS-Punkten gewählt werden. Aus dem Wahlfachkatalog des gewählten Schwerpunkts sind 9 ECTS-Punkte, dabei mindestens 4 ECTS als Übungen oder Seminare (unter UE, LU, RU, SE, VU), die verbleibenden 12 ECTS-Punkte sind aus den Wahlfachkatalogen oder aus den Pflichtfächern der anderen Schwerpunkte zu wählen. Außerdem ist ein Wahlpflicht-Projekt im Ausmaß von 6 ECTS im Rahmen des gewählten Schwerpunktes zu absolvieren. Beim Wahlpflicht-Projekt geht es darum das während des Studiums akquirierte Wissen innerhalb eines Forschungsprojektes der biomedizinischen Technik anzuwenden. Angemessene Verwendung wissenschaftlicher Literatur und Kommunikation der erhaltenen Ergebnisse in der Form eines kurzen technischen Berichtes und einer mündlichen Verteidigung sind spezifische Ziele.

Die Lehrveranstaltungen über *Zusatzqualifikationen (Soft Skills) und Freie Wahlfächer* umfassen 9 ECTS-Punkte, davon müssen mindestens 4,5 ECTS-Punkte auf Zusatzqualifikationen (Soft Skills) entfallen. Als Soft Skills-Lehrveranstaltungen werden die Lehrveranstaltungen aus dem zentralen Soft Skills-Katalog der TU Wien empfohlen.

Der Arbeitsaufwand für die Diplomarbeit beträgt 30 ECTS-Punkte.

Die Wahl der Lehrveranstaltungen aus dem Katalog der integrativen Pflichtfächer im Ausmaß von 24 ECTS-Punkten wird von den Studierenden unter Berücksichtigung der sonstigen Bestimmungen dieses Studienplans getroffen.

Auf Antrag der/des Studierenden kann das Studienrechtliche Organ genehmigen, dass andere, nicht in den Pflicht- und Wahl-Katalogen festgelegte, insbesondere auch an anderen Universitäten abgehaltene, facheinschlägige Lehrveranstaltungen an Stelle der in den Katalogen dieses Studienplanes enthaltenen Lehrveranstaltungen absolviert werden.

#### § 4 Prüfungsfächer

| Titel                          | LVA-Typ | Sst | ECTS |
|--------------------------------|---------|-----|------|
| <b>Life Sciences (15 ECTS)</b> |         |     |      |
| Anatomy and Histology          | VO      | 3.0 | 4.5  |
| Biology                        | VO      | 2.0 | 3.0  |
| Physiology and Pathology       | VO      | 3.0 | 4.5  |
| Microscopy in Biology          | VU      | 2.0 | 3.0  |
| Gesamt                         |         | 10  | 15   |

| Titel   | LVA-Typ | Sst  | ECTS |
|---|---------|------|------|
| <b>Integrative Pflichtfächer (24 aus 30 ECTS)</b>   |         |      |      |
| Introduction to Biological Chemistry                | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Biocompatible Materials                             | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Introduction to Biomechanics                        | VU      | 2.0  | 3.0  |
| Biomedical Instrumentation                          | VU      | 2.0  | 3.0  |
| Biomedical Sensors und Signals                      | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Introduction into Biophysics                        | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Biostatistics                                       | VU      | 2.0  | 3.0  |
| Instrumental Analytical Biochemistry                | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Medical Image Processing                            | VO      | 2.0  | 3.0  |
| Davon auszuwählen                                   |         | 16.0 | 24   |

Entsprechend dem gewählten Schwerpunkt sind die Pflichtfachlehrveranstaltungen im Umfang von 15 ECTS-Punkten aus dem entsprechenden Pflichtfachkatalog zu absolvieren:

#### **Pflichtlehrveranstaltungen Schwerpunkt A: Biomaterials & Biomechanics**

|   |    |      |      |
|---|----|------|------|
| Biomaterials                                | VO | 2.0  | 3.0  |
| Biomedical Fluid Mechanics                  | VO | 2.0  | 3.0  |
| Computational Biomaterials and Biomechanics | VU | 2.0  | 3.0  |
| Modelling of the Human Locomotor System     | VO | 2.0  | 3.0  |
| Tissue Biomechanics                         | VO | 2.0  | 3.0  |
|   |    | 10.0 | 15.0 |

#### **Pflichtlehrveranstaltungen Schwerpunkt B: Biomedical Instrumentation & Signals**

|   |    |      |      |
|---|----|------|------|
| Biomedical Mass Spectrometry                        | VD | 2.0  | 3.0  |
| Biochip Technologies in (Bio)Analytical Chemistry   | VO | 2.0  | 3.0  |
| Sensors and Microsystem Technology for BME          | VU | 2.0  | 3.0  |
| Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine   | VO | 2.0  | 3.0  |
| Microelectronic Concepts for Biomedical Interfacing | VO | 2.0  | 3.0  |
|   |    | 10.0 | 15.0 |

**Pflichtlehrveranstaltungen Schwerpunkt C: Mathematical & Computational Biology**

|   |    |      |      |
|---|----|------|------|
| Bioinformatics                              | VO | 2.0  | 3.0  |
| Computational Biomaterials and Biomechanics | VU | 2.0  | 3.0  |
| Computer Simulation in Medicine             | VD | 2.0  | 3.0  |
| Control Models in Physiology                | SV | 2.0  | 3.0  |
| <u>Neuron Modeling</u>                      | VO | 2.0  | 3.0  |
|   |    | 10.0 | 15.0 |

**Pflichtlehrveranstaltungen Schwerpunkt D: Medical Physics & Imaging**

|  |    |      |      |
|--|----|------|------|
| Biological and Medical Applications of Nuclear Physics I | VO | 2.0  | 3.0  |
| Computer-Assisted Imaging Concepts                       | VO | 2.0  | 3.0  |
| Microscopy of Biomolecules*                              | VO | 2.0  | 3.0  |
| Medical Physics of Diagnostic Imaging                    | VO | 2.0  | 3.0  |
| <u>Ultrasound in Nature, Engineering and Medicine</u>    | VU | 2.0  | 3.0  |
|  |    | 10.0 | 15.0 |

**Technische Qualifikationen**

|   |    |  |      |
|---|----|--|------|
| Wahllehrveranstaltungen aus dem gewählten Schwerpunkt<br>(dabei mindestens 4 ECTS Übungen oder Seminare unter UE, LU, RU, SE, VU) |    |  | 9.0  |
| Wahllehrveranstaltungen aus allen Schwerpunkten oder<br>Pflichtlehrveranstaltungen aus den nicht gewählten Schwerpunkten          |    |  | 12.0 |
| <u>Wahlpflicht-Projekt</u>  | PA |  | 6.0  |
|   |    |  | 27.0 |

**Zusatzqualifikationen (Soft Skills) und Freie Wahlfächer**

|   |  |  |     |
|---|--|--|-----|
| Lehrveranstaltungen aus Soft Skills (wie aus dem zentralen Katalog der TU Wien) |  |  | 4.5 |
| <u>Frei wählbare Lehrveranstaltungen in- und ausländischer Universitäten</u>    |  |  | 4.5 |
|   |  |  | 9.0 |

**Diplomarbeit**

|  |  |  |      |
|--|--|--|------|
| Bestehend aus einer wissenschaftlichen Arbeit mit<br><u>integriertem Projektmanagement und zugehöriger Dokumentation</u> |  |  | 30.0 |
|--|--|--|------|

---

Summe 120.0

\* Als Übergangsbestimmung, wird die bisherige Pflichtlehrveranstaltung "Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine" für die neue "Microscopy of Biomolecules" im Schwerpunkt D angerechnet.

Eine Lehrveranstaltung aus dem Katalog der Pflichtfächer (Life Sciences, integrative Pflichtfächer, Pflichtfächer des gewählten Schwerpunkts) ist nur dann zu absolvieren, wenn nicht schon eine äquivalente Lehrveranstaltung in dem der Zulassung zum Masterstudium zu Grunde liegenden Studium absolviert wurde; ansonsten ist an ihrer Stelle eine beliebige noch nicht gewählte Lehrveranstaltung aus den Pflichtfächern des nicht gewählten Schwerpunkts oder aus den Wahlfach-Katalogen der vier Schwerpunkte des Masterstudiums im selben ECTS-Punkteumfang zu absolvieren, die dann bezüglich Prüfungsfachzuordnung und Klauseln die Rolle der solcherart ersetzten Lehrveranstaltung einnimmt. Die Äquivalenzfeststellung obliegt dem Studienrechtlichen Organ.

Für die Wahl einer Lehrveranstaltung in die anderen Prüfungsfächer gilt in jedem Fall, dass diese nicht nochmals als Lehrveranstaltung für das entsprechende Prüfungsfach 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 Pflichtfächern des nicht gewählten Schwerpunkts oder aus den Wahlfach-Katalogen der vier

Schwerpunkte des Masterstudiums im selben ECTS-Punkteumfang zu absolvieren, die dann bezüglich Prüfungsfachzuordnung die Rolle der solcherart ersetzten Lehrveranstaltung einnehmen. Die Äquivalenzfeststellung obliegt dem Studienrechtlichen Organ.

Umgekehrt sind Lehrveranstaltungen, die bereits vor Beginn des Masterstudiums absolviert wurden, aber nicht zur Erreichung jenes Studienabschlusses notwendig waren, auf dem das Masterstudium aufbaut, gem. § 78 UG 2002 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.

## **§ 5 Zusatzqualifikationen (Soft Skills) und Freie Wahlfächer**

Diese umfassen Lehrveranstaltungen im Umfang von 9 ECTS-Punkten. Davon sind mindestens 4,5 ECTS-Punkte an Soft Skills, beispielsweise aus dem für Zusatzqualifikationen eingerichteten zentralen Katalog der TU Wien, auszuwählen. Für den verbleibenden Restumfang sind freie Wahlfächer aus beliebigen wissenschaftlichen/künstlerischen Lehrveranstaltungen in- und/oder ausländischer Universitäten zu wählen. Es wird den Studierenden empfohlen, im Rahmen der Zusatzqualifikationen und freien Wahlfächer insbesondere ihre Fremdsprachenkompetenz weiterzuentwickeln.

## **§ 6 Diplomarbeit**

Die Diplomarbeit umfasst eine wissenschaftliche Arbeit mit integriertem Projektmanagement und zugehöriger Dokumentation. Die Dokumentation kann in englischer Sprache bzw. im Einvernehmen mit der Betreuerin oder dem Betreuer und dem Studienrechtlichen Organ auch in einer anderen Fremdsprache abgefasst werden. Der/Die Betreuer/-in der Diplomarbeit hat über die Diplomarbeit ein Gutachten zu verfassen.

## **§ 7 Prüfungsordnung**

(1) Es gelten die allgemeinen Bestimmungen des studienrechtlichen Teiles der Satzungen der TU Wien § 12, §§ 15 - 21. Darüber hinaus gelten folgende Zusatzregelungen:

(2) Es gibt schriftliche und/oder mündliche Prüfungen. Der Modus der Beurteilung ist für alle Lehrveranstaltungen durch den/die Lehrveranstaltungsleiter/-in im Einvernehmen mit dem Studienrechtlichen Organ festzulegen.

(3) In Prüfungen werden Fragen aus dem vorgetragenen Stoffgebiet gestellt, zu deren Beantwortung ausreichend Zeit gegeben werden muss. Bei schriftlichen Prüfungen ist den Studierenden auf Verlangen Einsicht in die korrigierte Prüfungsarbeit zu gewähren.

(4) Der positive Erfolg von Prüfungen ist mit „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3), „genügend“ (4), der negative Erfolg ist mit „nicht genügend“ (5) zu beurteilen. Für die Erlangung einer positiven Note ist die Hälfte der erreichbaren Punkte erforderlich bzw. ist mindestens die nach Schwierigkeitsgrad gewichtete Hälfte der gestellten Fragen richtig zu beantworten.

(5) Für jede Lehrveranstaltung ist der Beurteilungsmodus bzw. die Prüfungsart von der Lehrveranstaltungsleiterin bzw. dem Lehrveranstaltungsleiter vor Beginn der Lehrveranstaltung den Studierenden in geeigneter Form, auch über die aktuellen Informationssysteme der TU Wien, bekannt zu geben.

(6) Bei Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter (EX, LU, SE, PR, RU, UE, VU) wird der Stoff mittels einer über das Semester verteilten Erfolgskontrolle überprüft. Die Teilnahme an einer derartigen Lehrveranstaltung kann mittels Anwesenheitsliste kontrolliert werden. Unter Voraussetzungen, die vom Studienrechtlichen Organ im Rahmen der Beauftragung festgelegt werden

(z.B. Anwesenheit während mindestens 80% der Zeit der Lehrveranstaltung sowie Teilnahme an mindestens 50% aller Tests), ist für versäumte Leistungen eine Ersatzprüfung nach Ende der Lehrveranstaltung anzubieten. Bevorzugt sollte diese Ersatzprüfung für Lehrveranstaltungen des Sommersemesters am Ende der Sommerferien, für Lehrveranstaltungen des Wintersemesters am Ende der Semesterferien angeboten werden.

## **§ 8 Diplomprüfung**

Zulassungsbedingung für die abschließende Diplomprüfung ist der positive Abschluss der Prüfungsfächer gemäß § 4 einschließlich der positiven Beurteilung der Diplomarbeit.

Die Diplomprüfung ist eine kommissionelle Prüfung. Sie ist eine Übersichtsprüfung, in der eher auf Zusammenhänge als auf Detailkenntnisse einzugehen ist.

Dem Senat für die kommissionelle Prüfung gehören der/die Betreuer/-in der Diplomarbeit sowie mindestens zwei weitere Mitglieder an. Nach einer allgemein verständlich zu haltenden Präsentation der Diplomarbeit durch die Kandidatin bzw. den Kandidaten erfolgt die Prüfung vor dem gesamten Senat über Inhalte der Diplomarbeit und deren Bezüge zu zwei weiteren Fächern. Diese sind unterschiedlich vom Diplomarbeitsfach und vom Studienrechtlichen Organ auf Vorschlag der Kandidatin bzw. des Kandidaten festzulegen. Vom Prüfungssenat ist eine Note für die Diplomprüfung festzulegen.

## **§ 9 Abschlusszeugnis über die Studienleistungen, akademischer Grad**

Der/Dem Studierenden ist nach Abschluss der Diplomprüfung ein Abschlusszeugnis über ihre/seine Studienleistungen auszustellen. Dieses hat zu enthalten:

- (1) Thema der Diplomarbeit.
- (2) Die Fachnoten für die Prüfungsfächer „Life Sciences“, „Integrative Pflichtfächer“, „Schwerpunktpflichtfächer“, „Technische Qualifikationen“, „Zusatzqualifikationen (Soft Skills) und Freie Wahlfächer“, die Note der Diplomarbeit, die Note der Diplomprüfung gemäß § 8 sowie die sich aus all diesen Noten ergebende Gesamtnote. Die Fachnoten für die Prüfungsfächer werden durch den mit den ECTS-Punkten gewichteten und auf ganze Zahlen gerundeten Mittelwert der Noten der Lehrveranstaltungen des betreffenden Prüfungsfaches gebildet, wobei bei einem Ergebnis kleiner oder gleich x.5 abzurunden, bei einem Ergebnis größer als x.5 aufzurunden ist. Die Gesamtnote lautet „mit Auszeichnung bestanden“, falls keine der sieben im Zeugnis ausgewiesenen Noten schlechter als „gut“ und zumindest vier dieser Noten „sehr gut“ sind; sie lautet ansonsten „bestanden“, wenn alle sieben Noten positiv sind, oder „nicht bestanden“, falls mindestens eine der sieben Noten auf „nicht genügend“ lautet.
- (3) Falls ein oder mehrere Auslandssemester absolviert und dabei Lehrveranstaltungen anerkannt worden sind, den Text: „Ein Teil der Prüfungsleistungen wurde im Rahmen eines Auslandssemesters (zweier, ..... Auslandssemester) an der Universität ... erbracht“.

Das Abschluss-Zeugnis besteht auch aus einem englischen Teil, dem sogenannten Diploma-Supplement zum Diplom-Abschlusszeugnis. Im Diploma-Supplement ist die Schwerpunktbildung entsprechend der Auswahl des Schwerpunkts anzuführen.

- (5) Der Absolventin / Dem Absolventen des Masterstudiums wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieurin“ / „Diplom-Ingenieur“, abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“, verliehen (englische Übersetzung: „Master of Science“, abgekürzt „MSc“).

## **§ 10 Austausch von Lehrveranstaltungen**

Auf Antrag der/des Studierenden kann das studienrechtliche Organ bewilligen, dass Pflichtfächer im Umfang von höchstens 6 ECTS-Punkten durch andere studienspezifische Fächer ersetzt werden, wenn dadurch das Ziel der wissenschaftlichen Berufsvorbildung gemäß dem in § 2 festgelegten Qualifikationsprofil nicht beeinträchtigt wird.

## § 11 Rahmenbedingungen für das Qualitätsmanagement

Um für den vorliegenden Diplomstudienplan die Studierbarkeit innerhalb der vorgesehenen 4 Semester zu gewährleisten, sind die folgenden studienbegleitenden Maßnahmen anzuwenden.

- (1) Bei Lehrveranstaltungen mit immanem Prüfungscharakter (EX, UE, LU, PR, RU, VU, SE) können Studierende, die sich als berufstätig deklariert haben, vor Beginn der Lehrveranstaltung mit der Leiterin bzw. dem Leiter der Lehrveranstaltung eine Sonderregelung betreffend Besuch und Leistungskontrolle vereinbaren.
- (2) Die zuständige(n) Studienkommission(en) kann (können gemeinsam) auf Vorschlag des/der Studierenden und im Einvernehmen mit dem Studienrechtlichen Organ einen oder zwei Ombudspersonen einsetzen. Bei Problemfällen (z.B. unzureichende Anzahl an Prüfungsterminen) können sich Studierende an diese Ombudspersonen wenden, die als Mediator(inn)en zwischen den Studierenden und den betroffenen LVA-Verantwortlichen fungieren. Wenn keine einvernehmliche Lösung gefunden werden kann, wird das Studienrechtliche Organ zweckdienliche Maßnahmen setzen.
- (3) Das Studienrechtliche Organ schließt mit allen Lehrenden in Pflichtlehrveranstaltungen eine Leistungsvereinbarung ab, worin der Inhalt der Lehrveranstaltungseinheiten, die zeitliche Abfolge, die Zusammensetzung der ECTS-Punktebelastung sowie der Prüfungsmodus festgelegt werden. Nach Ende jedes Semesters berichtet das Studienrechtliche Organ über die Evaluierungsergebnisse. Auffälligkeiten wie z.B. besonders negative Ergebnisse bei der Lehrveranstaltungskritik, vergleichsweise hohe Durchfallquoten bei Prüfungen, zu großer Stoffumfang, werden besprochen und Auswirkungen auf die folgenden Leistungsvereinbarungen festgelegt. Es können auch Maßnahmen zur unmittelbaren Lösung derartiger Probleme beschlossen werden (z.B. Festlegung eines zusätzlichen Prüfungstermins oder Heranziehen einer anderen Prüferin/eines anderen Prüfers).
- (4) Den Studierenden ist am Ende jedes Semesters die Bewertung mindestens aller Pflichtlehrveranstaltungen zu ermöglichen. Zumindest einmal im Studienjahr hat die Studienkommission über die Ergebnisse dieser Bewertung zu beraten. Werden dabei Probleme im Lehrbetrieb festgestellt, ist die zuständige Studienkommission berechtigt, dem Studienrechtlichen Organ einen Vorschlag zur Lösung der Probleme zu machen.
- (5) Die jährliche Aktualisierung der Wahlfachkataloge (ANHANG 3) und der Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen (ANHANG 4) erfolgen jeweils bis 30. Juni durch die zuständige Studienkommission in Kooperation mit dem Studienrechtlichen Organ. Diese Aktualisierungen gelten als geringfügige Änderung des Studienplanes.

## **ANHANG 1: Begriffsbestimmungen**

**BME Fakultäten:** Die an diesem Studienplan aktiv mitwirkenden Fakultäten: Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Informatik, Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, Mathematik und Geoinformation, Physik, Technische Chemie (vgl. § 3).

**ECTS:** Abkürzung für „European Credit Transfer System“, die ECTS-Punkte sind ein Maß für den erforderlichen Arbeitsaufwand. Den Lehrveranstaltungen sind ECTS-Punkte entsprechend dem Arbeitsaufwand („Work Load“) zugeordnet. Ein Studienjahr wird mit 60 ECTS-Punkten bzw. 1500 Arbeitsstunden gleichgesetzt.

**Soft Skills:** Zusatzqualifikationen aus fachfremden Bereichen, die der universalen Persönlichkeitsbildung dienen.

### **Lehrveranstaltungstypen**

**EX** Exkursionen sind Lehrveranstaltungen außerhalb des Studienortes. Sie dienen der Vertiefung von Lehrinhalten im jeweiligen lokalen Kontext.

**LU** Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in kleineren Gruppen unter Anleitung von Betreuerinnen und Betreuern experimentelle Aufgaben lösen, die dem Verständnis und der Anwendung von zugehörigen Vorlesungsinhalten dienen sollen. Die experimentellen Einrichtungen und Arbeitsplätze werden zur Verfügung gestellt und es findet eine rege Interaktion zwischen den Studierenden einer Kleingruppe und ihrem Betreuer/ihrer Betreuerin statt.

**PA** In Projektarbeiten müssen sich die Studierenden mit einem aktuellen Projektthema auseinandersetzen und fertigen dazu einen technischen/wissenschaftlichen Bericht an.

**PR** Praktika sind Lehrveranstaltungen, in denen das Verständnis von Teilgebieten eines Faches durch Lösung von konkreten experimentellen, numerischen oder theoretischen Aufgaben vertieft und ergänzt wird. Der zu vermittelnde Stoff kann über denjenigen der Vorlesungen auf diesem Teilgebiet hinausgehen; in diesem Fall können Vorlesungs- und/oder Übungsteile in das Praktikum integriert werden.

**RU** In Rechenübungen werden ergänzend zur Vorlesung Übungsbeispiele vorgetragen, die die Inhalte der Vorlesung erläutern und für die Anwendung aufbereiten sollen. Lehrmaterial sollte zur Verfügung gestellt werden, eine rege Interaktion zwischen Studierenden und Vortragenden ist anzustreben.

**SE** Seminare sind Lehrveranstaltungen bei denen sich Studierende mit einem gestellten Thema/Projekt auseinandersetzen und dieses mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten und eigenständige mündliche und/oder schriftliche Beiträge erbringen.

**SV** Spezialvorlesungen sind Vorlesungen (VO) mit vertiefendem Inhalt.

**UE** Übungen sind Lehrveranstaltungen, in denen in laufender Abstimmung mit der zugehörigen Vorlesung das Verständnis des Stoffes durch Anwendung auf konkrete Beispiele und durch Diskussionen vertieft wird, wobei entsprechende Aufgaben durch die Studierenden einzeln oder in Gruppenarbeit unter fachlicher Anleitung und Betreuung durch die Lehrenden (Universitätslehrerinnen und -lehrer sowie Tutorinnen und Tutoren) zu lösen sind.

**VD** Eine Vorlesung mit Demonstrationen entspricht einer Vorlesung (VO), die durch Vorführungen und Versuche mit speziellen Geräten oder Materialien, vorgenommen durch die LehrveranstaltungsleiterInnen, ergänzt wird.

**VO** Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, die durch Vortrag Studierende in Teilbereiche des betreffenden Faches unter besonderer Betonung der für das Fach spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze einführen.

VU Vorlesungsübungen sind Vorlesungen mit integrierten Übungen, die Studierende in Teilbereiche des betreffenden Faches unter besonderer Betonung der für das Fach spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze einführen, wobei auch von den Studierenden Aufgaben bearbeitet werden und so eine praktische Anwendung des Stoffes geübt wird.

Die Lehrveranstaltungen vom Typ EX, LU, PR, SE, RU, UE, VU sind Lehrveranstaltungen mit immanetem Prüfungscharakter, bei denen eine aktive Teilnahme der Studierenden erforderlich ist.

**ANHANG 2: Semestereinteilung, Lehrveranstaltungen und ECTS-Punkte**

Zur Einhaltung der Regelstudiendauer wird bei Lehrveranstaltungen mit nicht-immanentem Prüfungscharakter empfohlen, die zugehörigen Prüfungen unmittelbar am Ende des Semesters oder sobald als möglich während des folgenden Semesters abzulegen.

| Lehrveranstaltung |  | ECTS-Punkte |
|-------------------|--|-------------|
| 1. Semester       | Life Sciences  | 12.0        |
|                   | Integrative Pflichtfächer                                  | 15.0        |
|                   | Zusatzqualifikationen („Soft Skills“) und Freie Wahlfächer | 3.0         |
|                   | Summe  | 30.0        |
| 2. Semester       | Life Sciences  | 3.0         |
|                   | Integrative Pflichtfächer                                  | 6.0         |
|                   | Pflichtlehrveranstaltungen des gewählten Schwerpunkts      | 12.0        |
|                   | Wahlpflichtlehrveranstaltungen des gewählten Schwerpunkts  | 3.0         |
|                   | Wahlfächer   | 6.0         |
|                   | Summe  | 30.0        |
| 3. Semester       | Integrative Pflichtfächer                                  | 3.0         |
|                   | Pflichtlehrveranstaltungen des gewählten Schwerpunkts      | 3.0         |
|                   | Wahlpflichtlehrveranstaltungen des gewählten Schwerpunkts  | 6.0         |
|                   | Wahlpflichtprojekt   | 6.0         |
|                   | Wahlfächer   | 6.0         |
|                   | Zusatzqualifikationen („Soft Skills“) und Freie Wahlfächer | 6.0         |
|                   | Summe  | 30.0        |
| 4. Semester       | Diplomarbeit   | 30.0        |
|                   | Summe  | 30.0        |
| Gesamtsumme       |  | 120.0       |

**ANHANG 3: Wahlfachkataloge**

Jeder Wahlfachkatalog muss mindestens 36 und darf höchstens 64 ECTS-Punkte umfassen.

Typ Sst ECTS: Lehrveranstaltungstyp, Anzahl der Semesterstunden und ECTS-Punkte

**3.1. Wahlfachkatalog A: Biomaterials & Biomechanics**

| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> | <b>Sst</b> | <b>ECTS</b> |
|---|------------|------------|-------------|
| Advanced Macro and Micromechanics of Materials                            | VO         | 2.5        | 3.5         |
| Advanced Macro and Micromechanics of Materials                            | UE         | 1.0        | 1.0         |
| Basics of Lung Physiology and Ventilation Technique in Medicine           | VO         | 1.0        | 1.5         |
| Biomechanics of the Human Locomotor System                                | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Cardiovascular System Dynamics  | VO         | 1.0        | 1.5         |
| Engineering Biochemoporomechanics   | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Engineering Biochemoporomechanics   | UE         | 2.0        | 2.0         |
| Experimental Determination of Mechanical Properties of Biological Tissues | LU         | 2.0        | 2.0         |
| Finite Element Methods in Biomechanics                                    | VU         | 4.0        | 5.0         |
| Fracture Mechanics  | LU         | 2.0        | 2.0         |
| Injury Mechanics  | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Laboratory Course the Motor Muscle  | LU         | 2.0        | 3.0         |
| Materials Characterization  | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Mechanical Aspects of Biophysics  | VU         | 1.0        | 1.5         |
| Prosthetics   | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Mechanical Properties of Biological Tissue                                | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Seminar of Biofluid Mechanics   | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Solid Free Forming  | VU         | 2.0        | 2.0         |
| The Motor Muscle  | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Tissue Biomechanics   | RU         | 2.0        | 2.0         |
| Tissue Biomechanics   | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Tissue Biomechanics   | LU         | 2.0        | 2.0         |

**3.2. Wahlfachkatalog B: Biomedical Instrumentation & Signals**

| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> | <b>Sst</b> | <b>ECTS</b> |
|---|------------|------------|-------------|
| Applied Vibrational Spectroscopy                        | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Bioanalytics  | VO         | 1.5        | 2.0         |
| Biomedical Sensors and Signals                          | PR         | 2.0        | 2.0         |
| Biophysics – Reinforcement                              | VU         | 6.0        | 7.5         |
| Biosensors and Bioprocess Analytics                     | VO         | 1.0        | 1.5         |
| Chemical Nanoscopy                                      | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Communication Technologies for Disabled and Old Persons | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Digital Signal Processing using Matlab                  | LU         | 4.0        | 7.0         |
| Electronic Aids for People with Disabilities            | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Industrial Proteomics                                   | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Laser Applications in Medicine                          | VO         | 1.5        | 2.0         |
| Medical Computer Vision                                 | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Medical Laser Optics                                    | SE         | 2.0        | 2.0         |

|   |    |     |     |
|---|----|-----|-----|
| Rehabilitation Engineering                              | VO | 2.0 | 3.0 |
| Rehabilitation Engineering                              | LU | 2.0 | 2.0 |
| Rehabilitation Engineering                              | SE | 2.0 | 3.0 |
| Technical Restoration of Body Functions by Means of FES | VO | 2.0 | 3.0 |
| Technique in the Operating Theatre                      | VO | 2.0 | 3.0 |

### 3.3. Wahlfachkatalog C: Mathematical & Computational Biology

| <u>Titel</u>                                      | <u>Typ</u> | <u>Sst</u> | <u>ECTS</u> |
|---|------------|------------|-------------|
| Biometry and Epidemiology                         | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Brain Modelling                                   | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Computer Simulation in Medicine                   | UE         | 3.0        | 3.0         |
| Diagnoses and Treatment Planning                  | VU         | 4.0        | 6.0         |
| Computer Training in Biomathematics               | PR         | 2.0        | 3.0         |
| Epidemiology                                      | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Finite Element Methods                            | VO         | 3.0        | 4.5         |
| Hearing Theory                                    | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Identification/experimental modelling             | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Mathematical Models of Drug use and Drug Control  | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Modelling and Simulation of the Heart Circulation | SV         | 2.0        | 3.0         |
| Machine Learning for Visual Computing             | LU         | 1.0        | 1.5         |
| Machine Learning for Visual Computing             | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Optimization                                      | VU         | 2.0        | 3.0         |
| Research Seminar on Computer Graphics             | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Stochastic Processes and Time Series Analysis     | VO         | 3.0        | 4.5         |
| Theory of Stochastic Processes                    | VO         | 3.0        | 4.5         |

### 3.4. Wahlfachkatalog D: Medical Physics and Imaging

| <u>Titel</u>   | <u>Typ</u> | <u>Sst</u> | <u>ECTS</u> |
|--|------------|------------|-------------|
| Application of Radiation Physics in Engineering and Medicine | SE         | 2.0        | 2.0         |
| Biological and Medical Applications of Nuclear Physics II    | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Biophysics - Reinforcement                                   | VU         | 6.0        | 7.5         |
| Computer-Assisted Imaging Concepts                           | UE         | 1.0        | 1.5         |
| Computer Graphics  | SE         | 2.0        | 3.0         |
| Introduction to Biophysics                                   | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Introduction to Digital Image Processing                     | UE         | 2.0        | 2.0         |
| Introduction to Pattern Recognition                          | VU         | 2.0        | 3.0         |
| Introduction to Pattern Recognition                          | UE         | 2.0        | 3.0         |
| Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine            | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Medical Image Processing                                     | LU         | 2.0        | 3.0         |
| Radiation Physics  | VO         | 3.0        | 4.5         |
| Radiation Protection and Dosimetry                           | VO         | 2.0        | 3.0         |
| 3D Vision  | LU         | 2.0        | 3.0         |
| 3D Vision  | VO         | 2.0        | 3.0         |
| Statistical Pattern Recognition                              | LU         | 2.0        | 2.0         |

Statistical Pattern Recognition  
Visualization of Medical Data 2

|    |     |     |
|----|-----|-----|
| VO | 2.0 | 3.0 |
| VU | 2.0 | 3.0 |

## **ANHANG 4a: Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen Life Sciences**

### **Anatomy und Histology VO 3.0 Sst / 4.5 ECTS**

Basics of anatomy and histology.

### **Physiology and Pathology VO 3.0 Sst / 4.5 ECTS**

Basics of physiology and pathology.

### **Biology VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Definitions of life; basic chemistry of biomolecules; cytology; bacteria - simple cells and objects of experimentation; formal genetics - laws of inheritance; genetic information - processing of genetic programs; viruses and plasmids; mutations; general principles of gene technology; reproduction strategies; developmental biology - interaction of cells; immune systems; ecology - equilibrium in the biosphere; evolution - foundation of biodiversity.

### **Microscopy in Biology VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Light and electron microscopy. Sample preparation. Applications.

## **ANHANG 4b: Lehrinhalte der integrativen Pflichtlehrveranstaltungen**

### **Introduction to Biological Chemistry VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Structure of water, chirality, introduction to kinetics, chemistry of major biomolecule classes: nucleic acids, proteins, carbohydrates and lipids; protein structure, RNA and DNA-Structure; structure-function relation of proteins, DNA and glycans; enzymes and enzyme catalysis; introduction to basics and general principles of metabolism.

### **Instrumental Analytical Biochemistry VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Parameters characterizing analytical instruments. Biochromatographic separation techniques (efficiency and selectivity, affinity, HIC, ion exchange, size exclusion, reverse phase chromatography, multidimensional combinations, detectors), Electrophoretic separation techniques (planar and capillary techniques, native and SDS-PAGE, ZE, IEF, ITP, FFF, multidimensional combinations, detection techniques including staining), analytical centrifugation/sedimentation techniques. Enzymatic analytical techniques. Immunoanalytical techniques. On- and off-line mass spectrometric techniques. UV/Vis/IR- and fluorescence spectroscopy. Linear and circular dichroism. Techniques for the studying of protein-protein interactions. DNA/protein microarrays and microfluidics techniques.

### **Biomedical Instrumentation VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Introduction to theory, praxis, and restrictions of common diagnostic, therapeutic, and monitoring instruments for biomedical applications. Covers the basic concept of semiconductors and operation amplifiers, use of transducers, data recording and analysis systems such as microcomputer interfaces. Historical aspects are encompassed as well as state of the art, e.g., sleep monitoring, and future developments of the biomedical instrumentation, e.g., pervasive monitoring.

### **Biocompatible Materials VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Biocompatible materials, methods for the determination of biocompatibility, polymers and metals, knee and hip joint implants, degradable implants, natural polymers, controlled drug release and drug delivery systems, wound care und suture materials, vascular implants, dental applications

### **Introduction to Biomechanics VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Biomechanical principles of the musculoskeletal, cardiovascular and respiratory systems. Motion, dynamics, equilibrium, energetics and constitutive behaviour. Musculoskeletal forces. Blood flow in heart, lung, arteries and veins. Respiratory gas flow. Infinitesimal tissue strains and stresses. Biomechanical aspects of growth, remodeling and healing.

### **Medical Image Processing VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Overview on medical image acquisition modalities, model based image analysis, texture analysis, model based detection and segmentation of anatomical structures, interactive segmentation, rigid and non-rigid registration and applications in interoperative visualization and atlasbuilding. The methods will be explained with help of application cases. The mathematical basics and solutions will be discussed.

### **Introduction into Biophysics VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Introduction into biophysics, biophysics of living cells, electronic properties of living cells.

### **Biomedical Sensors and Signals VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Introduction to generation, transmission, recording, and analysis of human bio-signals. Covers the electrical, acoustical, magnetic, mechanical, and optical bio-signals with the respective sensing technology. Includes data acquisition and basic signal analysis for biomedical signals..

### **Biostatistics VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Basic concepts of statistics, visualisation of data, descriptive statistics, statistical tests, time series, factorial design, introduction to multivariate methods.

### **Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Biomaterial and its modification. Production of scaffolds, Cells - Sources, Collection, Propagation, Application. Preclinical models. Examples of preclinical and clinical trials.

## **ANHANG 4c: Lehrinhalte der Pflichtlehrveranstaltungen in den vier Schwerpunkten**

### **Schwerpunkt A: Biomaterials and Biomechanics**

#### **Biomaterials VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Elements of biomaterials. The making of – self-assembly and growth. Mechanical concepts in biomaterials. High-performance fibres: spider silk, keratin, collagen. Soft tissue – skin, cartilage, glue. Engineering with fibres: biological composite materials. Bio-ceramics – teeth, nacre. Art of hierarchical design 1: bone. Art of hierarchical design 2: wood. Intelligent materials – adaptive growth. Bio-mimetic and bio-inspired materials

#### **Biomedical Fluid Mechanics VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Introduction. Governing equations for unsteady, incompressible, viscous flows. Viscosity of fluids and suspensions. Rheological properties of blood. Laminar pipe flow - newtonian fluid, Bingham fluid. Flow in curved ducts. Entry flow in straight and curved ducts. Pulsating laminar flow. Peristaltic flows. Wave propagation processes in blood vessels. Sedimentation.

#### **Computational Biomaterials and Biomechanics VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

This course provides an introduction to the numerical simulation of biomaterials, tissue and tissue-implant systems. The focus will be on continuum, continuum micro-mechanics and homogenization models. Translation of medical images into geometrical models and material properties is presented, the finite element method is reviewed and specialized to biomechanical models. Practical applications in orthopaedics/tissue engineering.

#### **Modelling of the Human Locomotor System VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

2D and 3D Models of the human body; anthropometric data sources; muscle forces and joint moments; forward and inverse dynamics - pros and cons.

#### **Tissue Biomechanics VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Description of morphology, physiology and mechanical properties of bone, ligaments and tendons, cartilage and muscle. Continuum mechanics of hard, soft and fluid-saturated biological tissues.

### **Schwerpunkt B: Biomedical Instrumentation and Signals**

#### **Biomedical Mass Spectrometry VD 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Principles and mechanisms of the gaseous phase ionization techniques and desorption/ionization techniques (desorption Electrospray Ionization (DESI), vacuum matrix assisted LDI (vMALDI) and Atmospheric Pressure MALDI (AP-MALDI); ESI and nano ESI); principles and efficiencies of "high end" mass-spectrometric analyzers: Linear and reflectron time-of-flight analyser, 2D and 3D ion traps inclusive ion cyclotron and orbitrap; Tandem and multi-stage mass spectrometer for collision-induced dissociation; Imaging and profiling mass spectrometry; Application of the methods on qualitative (structure-referred) and quantitative questions from the medicine and medical pharmacology/toxicology.

#### **Sensors and Microsystem Technology for BME VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Two selected topics will be presented and discussed: 1- "Lab-on-a-chip" biochemical and medical analysis, 2- Introduction finite elements + practical (LÜ) FEMLab "On-chip fluidics"

#### **Biochip Technologies in (Bio)Analytical Chemistry VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Introduction and basics. DNA & protein chips - surface and detection systems. DNA chips - marker identification & applications. Cell chips.

#### **Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Laser basics. Basics of laser-atom and matter interaction. Overview over different lasers. Tunable lasers. Methods of laser spectroscopy. Ultra-short-lasers and applications.

#### **Microelectronic Concepts for Biomedical Interfacing VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Micro- & Nanofabrication methods and materials involved, direct biomedical-interfacing with micro-structured surfaces, direct biomedical-interfacing with microelectronic devices, biomedical Interfacing with microelectrodes – bio-impedance spectroscopy, biomedical interfacing with field effect devices - ISFET; EOSFET, neuronal interface, biomedical application of operation amplifiers (electrometer amplifier, current-to-voltage converter, differential amplifier).

## **Schwerpunkt C: Mathematical and Computational Biology**

### **Bioinformatics VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

The lecture covers the following tasks: 1) Introduction into bioinformatics 2) Statistic basics, tools and algorithms for the identification of sequence similarities 3) Models of molecular evolution, predictions of structure and function of biomolecules, servers and databases 4) In silico analysis of genomes.

### **Computational biomaterials and biomechanics VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

This course provides an introduction to the numerical simulation of biomaterials, tissue and tissue-implant systems. The focus will be on continuum, continuum micromechanics and homogenization models. Translation of medical images into geometrical models and material properties is presented, the finite element method is reviewed and specialized to biomechanical models. Practical applications in orthopaedics/tissue engineering.

### **Computer Simulation in Medicine VD 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Examples of models from engineering and natural sciences. Software tools, especially for simulation of continuous systems.

### **Control Models in Physiology SV 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Input-Output models in physiology, mathematical description by Laplace Transformation, applications: infusion, heart rate, stenosis, heart rate regulation.

### **Neuron Modelling VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Electrophysiology, membrane models, neural prostheses.

## **Schwerpunkt D: Medical Physics and Imaging**

### **Biological and Medical Applications of Nuclear Physics I VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

1) Elementary nuclear physics 2) Radiation biophysics (dose quantities, radiation protection basics, radiation risks, relative biological efficiency, interaction radiation-matter, radiation chemistry of water, radiation effects on biomolecules and molecular structures) 3) Applications of isotopes in biology and medicine (Analytical applications: dilution analysis, radio-assay, radio-immuno-assay, immunoradiometric-assay, activation analysis; tracer methods, isotopic effects, radio therapy).

### **Computer-Assisted Imaging Concepts VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Mathematical foundations (Fourier-transform, convolution), information transfer in imaging systems, transform imaging, tomography and computed tomography (CT), image reconstruction in CT, x-ray CT, emission CT, nuclear magnetic resonance CT (magnetic resonance imaging = MRI), digital image processing.

### **Microscopy of Biomolecules VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS \***

Brief recapitulation of geometrical optics and diffraction; design and mathematical description of light microscopes; fluorescence microscopy; state-of-the-art super-resolution microscopy techniques; single molecule microscopy.

### **Medical Physics of Diagnostic Imaging VO 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

Principles of medical imaging physics and instrumentation, x-ray imaging physics, radiation dose to the patient, radiation detriment and effective dose. Imaging modalities including film-screen systems, digital radiography like flat panel detectors and storage phosphor, Computed Tomography (single- and multislice CT, image reconstruction in CT, CTDI). Principles of medical image processing. Principles of Nuclear Medicine.

### **Ultrasound in Nature, Engineering and Medicine VU 2.0 Sst / 3.0 ECTS**

1) SONAR orientation sense of bat and dolphin; importance of SONAR for the U-Boot localisation in world war II; ultrasound non-destructive material testing; sono-luminescence; ultrasonic separation of suspended particles: highlights of the European Training and Mobility Network UltraSonoSep: acoustic bio-cell filters; ultrasonic emulsion splitting; therapeutic and diagnostic ultrasound; sonothrombolysis; sonoporation.

\* Als Übergangsbestimmung, wird die bisherige Pflichtlehrveranstaltung **“Laser in Physics, Chemistry, Biology and Medicine”** für die neue **“Microscopy of Biomolecules”** im Schwerpunkt D angerechnet.