



Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang *Biomedical Engineering & Medical Physics*

Fakultät für Physik & Munich School of BioEngineering

Technische Universität München

Bezeichnung	Biomedical Engineering and Medical Physics
Organisatorische Zuordnung	Fakultät für Physik & Munich School of BioEngineering
Abschluss	Master of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	Semesterzahl 4 Anzahl der ECTS-Credits: 120 CP
Studienform	Vollzeit
Zulassung	Eignungsverfahren (EV)
Starttermin	WS 2019/2020
Sprache	Englisch
Studiengangsverantwortliche	Prof. Dr. Franz Pfeiffer, Prof. Dr. Julia Herzen
Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge	Kooperation mit dem TranslaTUM
Ansprechperson bei Rückfragen	Prof. Dr. Franz Pfeiffer Franz.Pfeiffer@tum.de Tel. 089 / 289 - 12551
Version/Stand, vom	Dezember 2018
Der/Die Studiendekan/in	Unterschrift

HINWEIS: Der nachfolgende Text benennt aus Gründen der Geschlechtergerechtigkeit iterierend weibliche und männliche Formen von Personenbezeichnungen. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele.....	4
1.1	Zweck des Studiengangs	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs.....	5
2	Qualifikationsprofil	7
3	Zielgruppen	9
3.1	Adressatenkreis.....	9
3.2	Vorkenntnisse der Studienbewerber.....	9
3.3	Zielzahlen	10
4	Bedarfsanalyse	11
5	Wettbewerbsanalyse.....	13
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	13
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	14
6	Aufbau des Studiengangs.....	16
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	20
8	Ressourcen	22
8.1	Personelle Ressourcen	22
8.2	Sachausstattung und Räume	22
9	Entwicklungen im Studiengang.....	23
10	Anhang der Studiengangsdokumentation.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Anhang A: Wettbewerbsanalyse (national und international).	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Anhang B: Exemplarische Stundenpläne	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Anhang C: Ressourcenübersicht für den Studiengang Biomedical Engineering and Medical Physics.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
	Anhang D: Letter of Intent	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1 Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

Bioengineering ist ein breit gefächertes Wissenschaftsgebiet, in welchem Prinzipien der Natur- und Ingenieurwissenschaften auf biologisches Gewebe oder ganze Organismen zu verschiedenen Zwecken angewendet werden. Es umfasst Themenfelder wie z.B. Biomedical Computing, Bioinformatik, Biomassetechnologie, industrielle Biotechnologie, Technologie und Biotechnologie der Lebensmittel, Bioelectrical Engineering, Biosystems Engineering, Biophysik, Biochemie, Molekulare Biotechnologie, Nutrition and Biomedicine, Radiation Biology und Biomedical Engineering.

Der Begriff des **Biomedical Engineering** versteht sich als Spezialisierung des weiter gefassten, allgemeinen Überbegriffs Bioengineering. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Anwendung von neuen forschungsgetriebenen natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Prinzipien und Erkenntnissen in der Medizin und den Lebenswissenschaften, um so neue Methoden für eine bessere Prävention, Diagnostik oder Therapie zu entwickeln. Seit jeher spielen die Verbesserung und Entwicklung neuartiger Bildgebungsmodalitäten für die Mikroskopie und die medizinische Bildgebung eine große Rolle. Dieser Teilbereich, der sich auf die Entwicklung der bildgebenden Verfahren des Biomedical Engineerings stützt, wird auch unter dem Begriff **Medical Physics** zusammengefasst. Biomedical Engineering wird jedoch wesentlich weiter gefasst, so gehören beispielsweise die Entwicklung von Lab-On-Chip Technologie für die Biosensorik, die Anwendung von künstlicher Intelligenz für die Analyse von medizinischen Daten, die Verbesserung therapeutischer Methoden, die Entwicklung von Tracern, die Entwicklung von Methoden zur Unterstützung der Strahlentherapie, die Entwicklung neuer Biomaterialien, das Tissue-Engineering und Theranostik sowie verschiedenste biomedizinische Anwendungen von Biomechanik und Biophysik ebenfalls zum weiten Feld des Biomedical Engineering.

Biomedical Engineering, in seiner modernen und englisch ausgelegten Form, geht klar über die deutsche Begrifflichkeit „Medizintechnik“ hinaus, indem es aktuelle Forschung aus Naturwissenschaften (z.B. Physik, Chemie, Biologie), Ingenieurwissenschaften (z.B. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau) und der Medizin kombiniert. Der vorwiegend im deutschsprachigen Raum genutzte Begriff der „Medizintechnik“ umfasst im Wesentlichen die Entwicklung medizinischer Geräte, die Materialwissenschaften für medizinische Anwendungen sowie die Entwicklung medizinischer Instrumente. Die klassische Medizintechnik wird daher als nahezu reine Ingenieursdisziplin betrachtet. **Biomedical Engineering and Medical Physics** vereint die Natur- mit den Ingenieurwissenschaften und der Medizin. Die dabei entstehenden Synergieeffekte werden beispielsweise genutzt, um neuartige Methoden für bereits vorhandene medizinische Bildgebungsverfahren wie beispielsweise Röntgen oder Kernresonanztomographie zu verbessern und weiterzuentwickeln, neue Bildgebungsmodalitäten wie z.B. MR-PET oder Magnetic Particle Imaging sowie neue Tracer zu etablieren oder neuartige Lab-On-Chip Technologien, wie beispielsweise nicht-invasive Glucosemessung oder Theranostika, zu entwickeln. Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** ist, im Gegensatz zu den Studiengängen der klassischen Medizintechnik, stark naturwissenschaftlich ausgelegt. Der Studiengang wird mit dem Fokus auf den beiden Schwerpunkten *bildgebende Verfahren (Imaging)* und *Biosensorik* eingeführt und steht, nach dem Mentorengespräch auch der individuellen Schwerpunktsetzung offen. Weiterhin ist geplant den Studiengang zukünftig auf weitere Themenbereiche wie beispielsweise Tracerentwicklung oder Drug Delivery Verfahren zu erweitern.

Biomedical Engineering and Medical Physics leistet einen wertvollen Beitrag zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung der Bevölkerung. So ist zum einen der marktwirtschaftliche Umfang dieses Fachgebiets sowohl national, als auch international ein großer Wachstumsmarkt, zum anderen werden Weiterentwicklungen und neue Forschungsergebnisse, gerade vor dem Hintergrund des demographischen Wandels, immer wichtiger, um die Gesundheit der Menschen zu erhalten. So

fürten 2008 laut einem Bericht der Bundesärztekammer fehlerhafte Diagnosen mittels medizinischer Bildgebung mit zu den häufigsten Behandlungsfehlern in deutschen Arztpraxen und Krankenhäusern. Dies verdeutlicht die gesellschaftliche Relevanz, die die Verbesserung, Weiterentwicklung und Forschung im Bereich der Bildgebung bietet. Moderne Computerverfahren, künstliche Intelligenz oder Big-Data Analysen werden hierzu einen wichtigen Beitrag liefern. Auch die Forschung im Bereich der Biosensorik wird zukünftig einen großen Stellenwert innerhalb der Gesellschaft einnehmen. Beispielsweise steigen seit einiger Zeit die Zahl der Patienten, die an einer Stoffwechselerkrankung (z.B. Diabetes Mellitus) leiden und daher regelmäßig den Glucoseanteil ihres Blutes messen müssen. Hier können nicht-invasive Sensoren, Messmethoden und Algorithmen mithelfen, solche Messungen zu vereinfachen, zu automatisieren oder einfach nur kontinuierlich durchzuführen, um für die Patientinnen und Patienten bessere und individuellere Therapieformen zu erreichen.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der geplante Studiengang hat besondere Relevanz für die Profilbildung der TUM in diesem interdisziplinären Forschungsfeld und bietet die Basis um entsprechend geschaffenen Strukturen (v.a. der Munich School of BioEngineering und des TranslaTUMs) mit studentischer Aktivität zu beleben und den interdisziplinären Forschungsschwerpunkt der Gesundheitsforschung gesellschaftlich relevant voranzubringen. Folglich bindet sich der Studiengang vor allem im interdisziplinären Forschungsschwerpunkt *Gesundheit & Ernährung* des Leitbilds der TUM ein.

An der TUM ist das gesamte **Spektrum des Bioengineering** in verschiedenen Disziplinen vertreten. Das Ziel der **Munich School of BioEngineering** ist es, dieses Potential kohärent darzustellen und die verschiedenen Facetten in einem **kohärent abgestimmten Portfolio von dedizierten Studiengängen** abzubilden und zu koordinieren. Aufgrund der hohen Spezialisierung in den einzelnen Themengebieten des **Biomedical Engineering** wurde das Konzept entwickelt, **ein Portfolio von dedizierten und aufeinander abgestimmten Bio-Engineering Studiengängen**, wie z.B. Biomedical Engineering and Medical Physics, Biosystems Engineering, Bioelectrical Engineering, etc. aufzustellen.

Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** repräsentiert den Anfang dieser Struktur-Entwicklung und zielt auf die forschungsnaher Ausbildung von Studierenden an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Medizin ab. Weltweit ist **Biomedical Engineering and Medical Physics** bereits fester Bestandteil an vielen Universitäten, vor allem an solchen, die ein starkes Forschungsportfolio im naturwissenschaftlichen und technologischen Bereich, in Kombination mit starker medizinischer Forschung haben. Dies trifft beispielsweise auf so renommierte, forschungsstarke und interdisziplinär ausgerichtete Universitäten wie die University of Stanford, das Massachusetts Institute of Technology oder die ETH Zürich zu. Auch ist das Thema des **Biomedical Engineering** in wissenschaftlich hochrangigen Journalen abgebildet, wie beispielsweise *Nature Biomedical Engineering* oder *APL Bioengineering*.

Das Lehrangebot der Fakultät für Physik besteht zur Zeit aus einem grundständigen Bachelorstudiengang sowie den Masterstudiengängen Biophysik, Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Kondensierte Materie und Applied and Engineering Physics. Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** ergänzt als interdisziplinärer Studiengang das Lehrportfolio der Fakultät.

Darüber hinaus zeigte das Ergebnis der Fakultätsevaluierung des Physik Departments im Jahr 2017 eine ganz klare Empfehlung, den Bereich des **Biomedical Engineering and Medical Physics** auch im Bereich der Lehre an der TUM stärker auszubauen. Dieser in der Forschung bereits sehr stark ausgeprägte Bereich hat über die letzten Jahre nachweislich immer mehr Studierende fakultätsübergreifend in, die zu diesem Zeitpunkt bereits angebotenen Spezialvorlesungen gelockt. Dies zeugt von einer sehr großen Nachfrage nach dieser Spezialisierung. Insbesondere war die Zahl der internationalen Studierenden in diesem Bereich sehr hoch.

Wegen seiner multidisziplinären Struktur ist der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** thematisch und inhaltlich mit mehreren Fakultäten verbunden.

2 Qualifikationsprofil

Das Qualifikationsprofil entspricht den Anforderungen des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmens - HQR) gemäß Beschluss vom 16.02.2017 der Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. Gemäß dem HQR kann das Qualifikationsprofil für den Masterstudiengang **Biomedical Engineerings and Medical Physics** anhand der Anforderungen (i) *Wissen und Verstehen*, (ii) *Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen* und (iii) *Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität* definiert werden. In dem folgenden Kapitel sind die einzelnen Aspekte benannt. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zugangsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in den entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnungen ausgeführt.

Nach Abschluss des Masterstudiums sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage, über die interdisziplinären Grenzen zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften und Medizin hinweg, erfolgreich Fragestellungen auf dem Gebiet des **Biomedical Engineerings and Medical Physics** zu beantworten und zu erklären. Sie sind in der Lage, Aufwand und Ablauf von Fragestellungen dieses Fachgebiets nach dem aktuellen Stand der Forschung zu bewerten. Darüber hinaus sind sie befähigt, mögliche und notwendige Tätigkeiten, die das herkömmliche Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren erweitern können, zu verstehen und zweckorientiert einzusetzen, um gesellschaftlich relevante Resultate zu erzielen.

Sie sind in der Lage Besonderheiten, Grenzen, Terminologien und Lehrmeinungen in den Spezialgebieten der biomedizinischen Physik, der medizinischen Bildverarbeitung, der Biosensorik, der Informatik und dem maschinellen Lernen sowie gemäß den selbstgewählten Modulen zu definieren und zu interpretieren. Absolventinnen und Absolventen mit dem Schwerpunkt *Imaging* sind in der Lage bildgebende Verfahren wie beispielsweise Kernspintomographie, Computertomographie, Ultraschall oder optoakustische Methoden zu verstehen und weiterzuentwickeln. Absolventinnen und Absolventen mit dem Schwerpunkt *Biosensorik* sind in der Lage Zell-Chip Schnittstellen zu verstehen und weiterzuentwickeln. Die Absolventinnen und Absolventen können diese Kenntnisse an Fach- und Nichtfachleute weitergeben sowie schriftlich niederlegen. Zusätzlich zu dem bereits vorhandenen Spezialwissen besitzen die Absolventinnen und Absolventen ein vertieftes Verständnis für selbstständige Problemlösung und individuelle Projektplanung im Bereich des Bioengineerings und deren Anwendung in Industrie und Forschung.

Die Absolventinnen und Absolventen haben die Fähigkeit, aktuelle Themen und Publikationen auf diesem Gebiet zu verstehen und gegebenenfalls auf experimentelle Weise nachzuvollziehen. Sie besitzen zudem die Fähigkeit, vorhandenes Fachwissen systematisch zu erweitern, Prozesse in ihrer Gesamtheit zu erkennen und sie fundiert kritisch zu hinterfragen, ihre Risiken (beispielsweise in der Strahlentherapie) zu bewerten sowie dabei insbesondere Qualitätsanforderungen und ethnische Anforderungen zu berücksichtigen.

Außerdem sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage, ihre praktischen Fähigkeiten kontinuierlich weiterzuentwickeln und sind somit befähigt, eigene Projekte selbständig, professionell und gezielt voranzutreiben, aufkommende Probleme zu lösen und Projekte somit effizient umzusetzen.

Ebenso haben sie die Fähigkeit, ihre erlangten Kenntnisse in Präsentationen und auf Tagungen vorzustellen und in Publikationen der internationalen Fachwelt bekannt zu geben und zu reflektieren. Von besonderem Vorteil ist hierbei die anwendungsbezogene Ausbildung.

Durch die fakultätsübergreifende Struktur des Studiums sind die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs **Biomedical Engineerings and Medical Physics** in der Lage, solidarisch und tolerant miteinander umzugehen.

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs **Biomedical Engineerings and Medical Physics** können ihre Stärken und Schwächen sehr gut einschätzen und mit diesen konstruktiv umgehen. Sie arbeiten sehr zielstrebig und sind in der Lage, ausdauernd an Fragestellungen und Problemen zu arbeiten und diese dann zu lösen. Sie können ihre Ziele und Wünsche konkret benennen und selbstsicher präsentieren. Sie haben damit die fachliche Kompetenz erworben, Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zu übernehmen. Sie besitzen darüber hinaus die für Fach- und Führungskräfte notwendigen sozialen Kompetenzen. Dies schließt sowohl die Fähigkeiten zur Präsentation und Diskussion, als auch die notwendigen Kompetenzen zur Vorbereitung und Moderation von Entscheidungsprozessen ein.

Ein wichtiges Ziel des Studiengangs ist es, den Studierenden die Fähigkeiten und Grundlagen zu vermitteln, die es Ihnen erlauben über die interdisziplinären Grenzen zwischen Medizin, Natur- und Ingenieurwissenschaften hinweg, Forschungs- oder Industrieprojekte erfolgreich durchführen zu können. Neben dem notwendigen Hintergrundwissen und praktischen Knowhow erlangen die Absolventinnen und Absolventen die geeigneten Selbst- und Sozialkompetenzen, welche notwendig sind um im akademischen oder industriellen Umfeld des Biomedical Engineering erfolgreich zu sein.

3 Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Der Masterstudiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** richtet sich an hervorragende Hochschulabsolventinnen und –absolventen in- oder ausländischer wissenschaftlicher Hochschulen mit Bachelor of Science oder gleichwertigem Abschluss in den Studiengängen Physik, Elektro- und Informationstechnik, Informatik, Maschinenwesen, Chemie, Lebenswissenschaften (wie molekulare Biotechnologie, Biochemie, Biotechnologie, Biologie, Bioprozesstechnik) oder vergleichbaren Studiengängen, welche ein besonderes Interesse an den physikalischen Zusammenhängen, wie zum Beispiel der Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit biologischer Materie, haben.

3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber

Grundvoraussetzung für den Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** ist ein Bachelorabschluss (B. Sc. oder gleichwertiger Abschluss) mit mindestens 180 Creditpoints (bzw. sechs Semester). Weitere Grundvoraussetzungen für den Studienerfolg und das Erreichen des angestrebten Studienabschlusses sind grundlegende Fachkenntnisse in entweder den Naturwissenschaften, wie beispielsweise der Biophysik, den Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Chemie oder den Lebenswissenschaften sowie die sichere Kenntnis naturwissenschaftlicher Grundlagen in Mathematik, Informatik, Statistik, Chemie, Biologie und Physik, wie sie in artverwandten Studiengängen an in- und ausländischen Universitäten und Hochschulen angeboten werden. In diesen Fächern werden fundierte Grund- und Methodenkompetenzen erwartet und im Eingangsverfahren abgeprüft. Gefordert sind Fähigkeiten zu wissenschaftlicher bzw. grundlagen- und methodenorientierter interdisziplinärer Arbeitsweise, eine ingenieur- oder naturwissenschaftliche Neigung, die Fähigkeit zum Denken mit Raumbezug sowie eine gute sprachliche Ausdrucksfähigkeit.

Die Bewerberinnen und Bewerber müssen ein Eignungsverfahren absolvieren, bei dem die fachliche Qualifikation, die Note, die Motivation für den Masterstudiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** sowie sonstige Qualifikationen der Bewerberinnen und Bewerber berücksichtigt werden. Bewerberinnen und Bewerber mit ausreichender fachlicher Qualifikation haben Vorkenntnisse aus den mehreren Bereichen:

- Grundlagen der Experimentalphysik (Mechanik, Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik, Kern- und Atomphysik)
- Fortgeschrittene Experimentalphysik (Einführung in Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Einführung in die Physik der kondensierten Materie)
- Grundlagen der Theoretischen Physik (Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik, Thermodynamik und Statistik)
- Grundkurs Mathematik (Grundlagen der Lineare Algebra, Grundkurs Analysis)
- Grundkurs Chemie (Organische und anorganische Chemie, Biochemie)
- Grundkurs Biologie (Allgemeine Biologie, Physiologie)
- Labor- oder Praxiserfahrungen

Die rechtlichen Informationen zum Eignungsverfahren sind in der Fachprüfungsordnung beschrieben. Aufgrund der starken Forschungsausrichtung sollten gute Englischkenntnisse vorhanden sein um sich im internationalen Wettbewerb sowie im Labor- und Publikationsalltag bewähren zu können. Der Studiengang wird überwiegend in Englisch durchgeführt, wofür Englischkenntnisse vorausgesetzt werden die dem C1-Niveau entsprechen.

3.3 Zielzahlen

Im Masterstudiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** werden zu Beginn etwa 30 Studienanfängerinnen erwartet. Im weiteren Verlauf werden maximal 100 Studienanfänger pro Kohorte angestrebt um einen signifikanten Beitrag zum Bedarf auf dem Arbeitsmarkt zu leisten und um eine exzellente Lehre garantieren zu können. Limitierende Faktoren, welche die Anzahl der Studienanfängerinnen begrenzen, sind die Personalressourcen, welche zur Betreuung von praktischen Arbeiten eingesetzt werden können, die Anzahl und Größe der zur Verfügung stehenden Hörsäle und Seminarräume sowie die vorhandenen Instrumente, Geräte und Rechnerarbeitsplätze für Module des Masterstudiengangs **Biomedical Engineering and Medical Physics**.

4 Bedarfsanalyse

Biomedical Engineering and Medical Physics ist ein bereits fest etabliertes, aber auch ein immer noch stark wachsendes Forschungsfeld, das auch gerade im süddeutschen Raum in der MedTech-Industrie stetig ansteigend nachgefragt wird. Alleine in Deutschland sind insgesamt mehr als 200.000¹ Menschen in über 11.000 Firmen in der MedTech Branche beschäftigt und alleine in den letzten fünf Jahren wurden mehr als 12.000 Stellen neu geschaffen. Die Branche sichert zudem noch 0,75 Arbeitsplätze in anderen Bereichen, wie beispielsweise Zulieferern, und hatte 2017 einen Gesamtumsatz von 29,9 Milliarden Euro¹. Als Indikator für den Bedarf kann die Medizintechnik herangezogen werden, weil sich das Berufsbild „Biomedical Engineer“ im deutschsprachigen Raum noch nicht gefestigt hat und das Fachgebiet Biomedical Engineering im deutschsprachigen Raum bisher mit unter dem Schlagwort Medizintechnik firmiert.

„Die Medizintechnologie ist eine dynamische und hoch innovative Branche. Bei Patenten und Welthandelsanteil liegt Deutschland auf Platz 2 hinter den USA. Rund ein Drittel ihres Umsatzes erzielen die deutschen Medizintechnikhersteller mit Produkten, die höchstens drei Jahre alt sind. Durchschnittlich investieren die forschenden MedTech-Unternehmen rund 9 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung. Der Innovations- und Forschungsstandort Deutschland spielt damit für die MedTech-Unternehmen eine besonders wichtige Rolle. Zum Vergleich: Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung am Umsatz beträgt in der äußerst innovativen Chemieindustrie 5 Prozent, in der verarbeitenden Industrie insgesamt 3,8 Prozent (FAZ vom 26.4.2005, S. 13). Nach Aussage der Medizintechnik-Studie vom BMBF ist der Forschungs- und Entwicklungsanteil am Produktionswert in der Medizintechnik mehr als doppelt so hoch wie bei Industriewaren insgesamt (BMBF-Pressetext vom 29.4.2005, Nr. 099/2005). Ein weiterer Beleg für die Innovationskraft der Branche sind die weiter steigenden Patentanmeldungen. Nach Angaben des Europäischen Patentamtes in München führt die Medizintechnik die Liste der Technologiebereiche mit 13.090 weltweiten Patentanträgen (eingereicht beim Europäischen Patentamt) auch im Jahr 2017 weiter an. Deutschland liegt hinter den USA auf Platz 2 der anmeldeaktivsten Länder.“¹

Neben den bereits etablierten Forschungs- und Innovationsbereichen der medizinischen und biologischen Bildgebung, Mikroskopie und Biophotonik stecken andere Bereiche, wie beispielsweise Lab-On-Chip Technologie für die Biosensorik, die Anwendung von künstlicher Intelligenz für die Analyse von medizinischer Big Data, die Entwicklung neuer Biomaterialien und das Tissue-Engineering gerade erst im Anfangsstadium einer rasanten zukünftigen Entwicklung.

Nachfrage der Absolventinnen und Absolventen auf dem Arbeitsmarkt

Der Bedarf an gut ausgebildeten Masterstudentinnen und -studenten im Bereich des **Biomedical Engineerings** ist - gerade im süddeutschen Raum mit einigen sehr großen Industrieunternehmen in diesem Bereich (z.B. Siemens Healthineers, Zeiss, FAU Engineering, ARRI Medical, Roche Diagnostics, Sanofi, Novartis oder Brainlab) - groß und steigt kontinuierlich. So ist die Beschäftigtenzahl in Deutschland alleine von 2000 bis 2008 um 12% gestiegen¹.

Der **Bedarf an Fachkräften im Bereich des Biomedical Engineering** im süddeutschen Raum, aber auch auf internationaler Ebene zeigt sich konkret auch an den Positionen der Alumni des Lehrstuhls für Biomedizinische Physik (Prof. Franz Pfeiffer) in den Jahren 2010-2018: Von insgesamt 22 Personen sind fünf in der Wissenschaft als Professoren oder PostDocs an internationalen Forschungseinrichtungen weiterhin im Bereich der Röntgenbildgebung tätig. Weitere 17 Personen haben eine Anstellung in der Industrie, überwiegend im süddeutschen Raum, gefunden. Die Positionen reichen von Consulting im Bereich der Bildgebung, über Produktmanager (z.B. bei Brainlab) oder Entwickler (z.B. im Bereichen Optik bei Arri, oder non-destructive Testing bei BMW), bis zum Software Entwickler im Bereich der Bildverarbeitung (z.B. Definiens). Diese Beispiele zeigen den

¹ Branchenbericht Medizintechnologien 2018, Bundesverband Medizintechnologie BVMed, Berlin, 11.09.2018

enormen Bedarf an exzellent ausgebildeten Kräften vor allem im Bereich Biomedical Engineering, aber auch in benachbarten Disziplinen, die ebenfalls vom Knowhow der Bewerber profitieren.

Eine Suche nach offenen Stellen mit den Schlagworten Bioengineering oder Biomedical Engineering am 03.08.2018 ergab alleine für Deutschland 237 offene Stellen. Diese konzentrierten sich weitestgehend auf stark forschungsorientierte Themen im süddeutschen Raum und umfassten 115 verschiedene Firmen. Aufgrund der weiter wachsenden Bioengineeringbranche werden die zukünftigen Absolventinnen und Absolventen sehr gute Chancen auf dem Arbeitsmarkt haben. In diesen Stellenausschreibungen wurden fast ausschließlich Masterabsolventinnen und -absolventen, teilweise mit Promotion nachgefragt.

Nach erfolgreichem Abschluss des Masterstudiums **Biomedical Engineering and Medical Physics** ist es den Absolventinnen und Absolventen möglich, einen nahtlosen Übergang in die Promotion auf allen Forschungsgebieten des Bioengineerings zu realisieren. Im Bereich der Forschung ist der Masterabschluss für ein Promotionsvorhaben unerlässlich. Eine wissenschaftliche Laufbahn könnte ebenfalls für einige Absolventinnen und Absolventen ein aussichtsreicher Karriereweg sein.

Typische Einsatzfelder für die Absolventen dieses Masterstudienganges sind in der experimentellen Forschungstätigkeit, in der Planung und Dokumentation von Forschungsprojekten sowie in angrenzenden Tätigkeitsfeldern der Biotech- und Medizintechnikindustrie, beispielsweise im Patentwesen, der Entwicklung, der Projektplanung oder auch in Behörden.

Die Absolventinnen und Absolventen des geplanten Studienganges werden dafür ausgebildet, in forschenden interdisziplinären Teams an Universitäten und in der MedTech Industrie tätig zu werden. Die Gründung oder Mitwirkung in Start-ups, die in der MedTech-Branche oft direkt aus Universitäten heraus gegründet werden, ist eine weitere Karrieremöglichkeit. Die strategische Verbindung zur UnternehmerTUM bietet hier eine besonders günstige Synergie-Konstellation. Weitere Möglichkeiten sind Karrieren in der beratenden Tätigkeit sowie im Patentwesen, wobei der Bedarf gerade im Patentwesen in jüngster Vergangenheit drastisch gestiegen ist.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Die Aktualität und die bestehende Nachfrage für das Thema Bio(medical E)ngineering wird dadurch betont, dass beispielsweise internationale Spitzenuniversitäten wie das MIT ein Department of Biological Engineering unterhält, oder dass die ETH Zürich schon seit längerem ein Masterprogramm M.Sc. Biomedical Engineering anbietet. Auch die Universitäten Stanford (US, M.Sc. Bioengineering), Oxford (UK, Institute of Biomedical Engineering) und der UCL London (UK, MEng Biomedical Engineering) bieten Studiengänge mit Ausrichtung hin zu Biomedical Engineering an. Im deutschlandweiten Vergleich sind die TU Dresden (M.Sc. Molecular Bioengineering), die Universität Heidelberg (M.Sc. Biomedical Engineering) und die RWTH Aachen (M.Sc. Biomedical Engineering) bereits mit eigenen Masterstudiengängen im Fachgebiet Biomedical Engineering aufgestellt. Die Einführung eines derartigen Studiengangs - mit der bereits vorhandenen, aber inkohärent verteilten Kompetenz der TUM - ist daher überfällig und birgt darüber hinaus auch die Chance, noch eine Vorreiterrolle innerhalb Deutschlands mit einzunehmen und begabte Studierende aus dem nationalen und internationalen Bereich anzuwerben. Eine Analyse der verschiedenen internationalen und nationalen Studiengänge ist im Anhang A dieses Dokumentes angeführt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Studiengänge der anderen deutschen Universitäten strukturell mit dem Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** vergleichbar sind (vier Semester, 120 Creditpoints, englischsprachig, sechs Monate Masterarbeit am Ende). Der fachliche Fokus unterscheidet sich aber teilweise erheblich, gerade auch der Umfang im dem medizinische Grundlagen vorkommen. Mögliche fachliche Spezialisierungsmöglichkeiten variieren ebenfalls stark. Es bleibt im nationalen Vergleich allerdings festzustellen, dass die TUM entscheidende Standortvorteile gegenüber den nationalen Wettbewerbern, wie eine sehr enge Anbindung an das Klinikum Rechts der Isar oder bereits vorhandenen Kompetenzen auf allen relevanten Themenfeldern hat. Da das Klinikum Rechts der Isar eine TUM eigene Klinik ist und die TUM damit über eine eigene medizinische Fakultät verfügt, ist die Verzahnung von Natur- und Ingenieurwissenschaften mit der Medizin in Forschung und Lehre sehr eng. Damit ist die TUM im nationalen Vergleich konkurrenzlos.

Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** an der TUM wird dazu beitragen, ein für Bewerberinnen und Bewerber attraktives und auf aktuelle Themen fokussiertes Studium anzubieten und damit die Vorreiterrolle im nationalen Vergleich einzunehmen.

Von den internationalen Studiengängen ist in erster Linie der der ETH Zürich vergleichbar strukturiert. Gerade in den USA ist eine Tendenz zur Verkürzung der Studiendauer zu beobachten und es gibt auch viele Universitäten, die das Studium komplett online anbieten². Es wird damit geworben, möglichst schnell an den Mastertitel zu kommen, am extremsten ist hier die University of Maryland aufgefallen: „*In just 10 courses, you'll earn a masters degree that combines the principles of biology, medicine, and engineering to pioneer innovative engineering solutions that improve human health around the world.*“³ Die Masterarbeit ist oft optional, je nachdem ob man sich später auf Forschung oder andere Bereiche fokussieren möchte.

² <https://thebestschools.org/rankings/best-online-masters-biomedical-engineering>, Abrufdatum 13.09.2018

³ <https://grad-bioengineering.umd.edu/>, Abrufdatum 13.09.2018

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

An der Technischen Universität München finden sich keine vergleichbaren Masterstudiengänge. Bachelorabsolventen, die das Thema **Biomedical Engineering and Medical Physics** im Master verfolgen möchten, können an der TUM bislang auf kein derartig interdisziplinäres Programm zurückgreifen.

Der Masterstudiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** wird an der TUM eingeführt um das Themenfeld, das bereits in vielen Facetten in mehreren Fakultäten und Institutionen gelehrt wird, in einem kohärent koordinierten Master-Studiengang anzubieten. Dieser Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** vervollständigt das Angebot der TUM durch einen interdisziplinären, synergistischen Studiengang aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften um die Bereiche der Bildgebung und der Biosensorik abzudecken. Die Ausrichtung des geplanten Studiengangs liegt thematisch an der Schnittstelle zwischen Forschung aus Naturwissenschaften (z.B. Physik, Chemie, Biologie), Ingenieurwissenschaften (z.B. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau) und Medizin und soll zukünftig auch weitere Themenbereiche des Biomedical Engineerings umfassen. Das Alleinstellungsmerkmal des Studiengangs **Biomedical Engineering and Medical Physics** ist die interdisziplinäre Schnittmenge von Informatik, Biologie, Physik, Chemie, Lebens- und Ingenieurwissenschaften.

Ähnliche Studiengänge an der TUM sind:

- Neuroengineering, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik,
- Biomedical Neuroscience, Fakultät für Medizin (geplant),
- Radiation Biology, Fakultät für Medizin,
- Biomedical Computing, Fakultät für Informatik,
- Biophysik, Fakultät für Physik,
- Medizintechnik und Assistenzsysteme, Fakultät Maschinenwesen,
- Biosystems Engineering, Fakultät für Physik (geplant).

Die Studiengänge Neuroengineering und Biomedical Neuroscience sind auf die Neurowissenschaften fokussiert. Sie vermitteln einerseits die Anwendung neuronaler Informationen im Bereich der künstlichen Intelligenz und Robotik und andererseits die Grundlagen neuropsychiatrischer Erkrankungen und Wissen über die Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Der Studiengang Biomedical Computing ist sehr auf die Anwendung informationstechnischer Methoden und Big-Data fokussiert und bietet keine nennenswerte Integration der ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächer an. Der Studiengang Radiation Biology ist ebenfalls ein interdisziplinärer Studiengang, allerdings mit dem Fokus auf Strahlenbiologie, -therapie und den daraus resultierenden Auswirkungen auf beispielsweise Tumorstadium oder Zellbiologie. Der Studiengang ist damit sehr stark auf die biologischen Grundlagen und weniger auf die Methodenentwicklung fokussiert.

Der Studiengang Biophysik ist im Gegensatz zu dem Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** kein interdisziplinärer Studiengang und damit auf die Grundlagen der Biophysik, im Wesentlichen auf die molekulare, zelluläre oder theoretische Biophysik fokussiert. Im Studiengang Medizintechnik und Assistenzsysteme erfolgt nach individueller Studienplanung die Spezialisierung in den Gebieten Werkstoffe & Implantate, Mechatronik & Gerätetechnik, regulatorische Anforderungen & Studiendesign sowie muskuloskelettale Assistenzsysteme und stellt somit einen stark ingenieurstechnischen Studiengang dar. Zusätzlich ist ein Masterstudiengang Biosystems Engineering geplant. Dieser Studiengang wird sich allerdings im Wesentlichen mit Methoden des Bioengineerings auf der Nanoskala, also im molekularen Bereich beschäftigen und hat damit einen gänzlich anderen Fokus als der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics**.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass es an der TUM keinen vergleichbaren Masterstudiengang gibt und somit keine Wettbewerbssituation mit anderen Masterstudiengängen der TUM besteht. Lediglich über den Umweg des Masterstudiengangs Biophysik können bisher einzelne Aspekte zum Thema **Biomedical Engineering and Medical Physics** in Wahlmodulen belegt werden.

In der Konsequenz bleiben den Studierenden entweder im medizinischen, biologischen oder ingenieurwissenschaftlichen Bereich Wissens- und Knowhow-Lücken, die sie meist in den ersten Jahren der Doktorarbeit aufholen müssen. Biophysikerinnen und -physiker haben beispielsweise üblicherweise Nachholbedarf hinsichtlich der medizinischen Grundlagen, biologischer Prozesse und in der organischen Chemie, wohingegen Ingenieurinnen und Ingenieure Nachholbedarf in den naturwissenschaftlichen Grundlagen, experimentellen Ansätzen und anspruchsvoller Datenanalyse haben. Mit einem speziell zugeschnittenen Studiengang in **Biomedical Engineering and Medical Physics** können die verschiedenen Forschungsrichtungen dieses multidisziplinären Feldes bereits im Studium beleuchtet werden und die Studierenden würden besser auf ihre Tätigkeit in Forschung und Industrie vorbereitet.

6 Aufbau des Studiengangs

Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** ist auf vier Semester mit 120 Creditpoints angelegt. Der Studienplan ist in Tabelle 1 abgebildet. Studienbeginn ist nach §5 APSO in der Regel das Wintersemester.

Tabelle 1: Studienplan mit dem grundlegenden Aufbau des Studiengangs

Semester	Module				Credits
1.	Biomedical Physics 1 (Pflicht) Prüfungsform: mündlich 5 CP	Wahlmodule (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 25 CP			30
2.	Biomedical Physics 2 (Pflicht) Prüfungsform: mündlich 5 CP	Wahlmodule (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 15 CP	Advanced Lab Course (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 6 CP	Allgemeinbildende Fächer (Wahlfach) Prüfungsform: diverse 4 CP	30
3.	Masterseminar 15 CP		Masterpraktikum 15 CP		30
4.	Master's Thesis inclusive Masterkolloquium 30 CP				30

Legende:
 dunkelblau = Forschungsphase
 hellblau = Wahlmodulbereich
 grau = Pflichtmodulbereich

In den ersten beiden Semestern müssen neben den Pflichtmodulen *Biomedical Physics 1* und *Biomedical Physics 2* (insgesamt 10 Creditpoints) noch insgesamt 40 Creditpoints aus dem Wahlmodulkatalog, ein Advanced Lab Course (sechs Creditpoints) und vier Creditpoints aus dem überfachlichen Wahlkatalog erbracht werden. Die ersten beiden Semester legen die Grundlagen für die darauf aufbauende einjährige Forschungsphase, die in einem Fachgebiet bzw. an einer Professur durchgeführt wird.

Mit Hilfe der beiden Pflichtmodule Biomedical Physics 1 und 2 erhalten die Studierenden, welche auf Grund der unterschiedlichen Fachrichtungen im Bachelor ein unterschiedliches Vorwissen einbringen, eine Einführung in die Themenbereiche des Studiengangs (Biomedical Physics 1) sowie erste vertiefende Kenntnisse in diesem Fachgebiet (Biomedical Physics 2). Die Wahlmodule beinhalten die beiden thematischen Säulen *bildgebende Verfahren (Imaging)* und *Biosensorik* des Studiengangs und vermitteln die vertiefenden Inhalte für einen Master of Science im Bereich des **Biomedical Engineering and Medical Physics**. Bei der Auswahl des Schwerpunkts *Imaging* sind die Studierenden in der Lage bildgebende Verfahren zu verstehen, analysieren und weiter zu entwickeln, sowie neue Methoden zu erschließen. Bei Belegung des Schwerpunkts *Biosensorik* können die Studierenden/sind die Studierenden in der Lage Zell-Chip Schnittstellen zu verstehen, zu analysieren, Messmethoden weiter zu entwickeln, sowie die erfassten Daten zu interpretieren. Die Wahlmodule lassen eine Individualisierung des Studienplans zu, wobei ein breites Spektrum an Methoden und Anwendungsfeldern für die Studentinnen und Studenten zugänglich gemacht wird.

Der Wahlmodulkatalog ist in der FPSO offen formuliert und wird durch den Prüfungsausschuss ergänzt. Zur Orientierung im breiten Wahlangebot des Masterstudiums sind die Studierenden zur Teilnahme am Mentorensystem verpflichtet. Hierbei werden sie von Beginn des Studiums an insbesondere bei der Ausrichtung und Zusammenstellung des individuellen Studienplanes unterstützt. In Absprache mit den Mentoren ist es möglich auch einen individuellen Studienschwerpunkt, abweichen von Imaging oder Biosensorik, zu setzen. Die Teilnahme am Mentorengespräch ist Voraussetzung zur Zulassung zur Master's Thesis. Die hohe Wahlmöglichkeit im Rahmen der Wahlmodule garantiert den Studierenden zum einen eine hohe Flexibilität bei der Studiengangsgestaltung und zum anderen fördert sie die Selbstständigkeit der Studierenden.

Der *Advanced Lab Course*, welcher im zweiten Semester abzuleisten ist, wird in der Regel en-bloc am Ende der Vorlesungszeit durchgeführt. Der *Advanced Lab Course* wird als Teamleistung absolviert. Ein Team von insgesamt drei Teilnehmerinnen und Teilnehmern bearbeitet dabei einen Versuch des Moduls. Dies umfasst die Versuchsvorbereitung, die Versuchsdurchführung, die schriftliche Ausarbeitung sowie eine Präsentation als abschließende Besprechung und Prüfung. In der Präsentation sind die Teilergebnisse im Kontext des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik darzustellen. Beispielsweise könnte in dem Modul eine Laborleistung zur Computertomographie verbunden mit individuellen Präsentationen zu aktuellen Methoden der Bildrekonstruktion, zur Detektortechnologie oder zur Strahlenbelastung von Patientinnen und Patienten absolviert werden. Die benotete Gesamtleistung besteht aus einer Laborleistung.

Die Studentinnen und Studenten haben die Möglichkeit aus dem weiten Bereich allgemeinbildender Fächer (Sprachenzentrum, Carl von Linde-Akademie, ...) Wahlmodule im Umfang von vier Creditpoints einzubringen. Die Fakultät für Physik hat die Erfahrung gemacht, dass der Umfang von vier Creditpoints im Bereich der allgemeinbildenden Fächer ausreichend ist um die Lernergebnisse zu erreichen, beispielsweise um eine Grundlage für Entscheidungskompetenz auf akademischem Niveau zu erhalten.

Im dritten und vierten Semester wird die individuelle Forschungsphase an einer Professur bzw. in einem Fachgebiet wie zum Beispiel am Lehrstuhl für Zellbiophysik, Physik der Biomedizinischen Bildung, Angewandte Biophysik, Physik Synthetischer Biosysteme, Radiologie, etc. erbracht. Im dritten Semester werden im Rahmen des Masterseminars (15 Creditpoints) die notwendigen theoretischen Grundlagen sowie der wissenschaftliche Hintergrund der Master's Thesis durch die Studentinnen und Studenten selbstständig erarbeitet, präsentiert und diskutiert. Zeitgleich erlernen die Studentinnen und Studenten im Masterpraktikum (15 Creditpoints) die für die Master's Thesis notwendigen technischen und experimentellen Methoden, wie auch die konzeptionelle Herangehensweise im Forschungsalltag. Die Module *Masterseminar* und *Masterpraktikum* dienen der optimalen Vorbereitung auf die Master's Thesis. Diese wird regulär, inklusive dem dazugehörigen Masterkolloquium, (30 Creditpoints) im vierten Semester durchgeführt.

Die angebotenen Module erstrecken sich im Normalfall jeweils auf ein Semester; damit werden große zeitliche Flexibilität und die Möglichkeit zur optimalen Individualisierung für die Studierenden sichergestellt. Exemplarisch ist zur Veranschaulichung eines typischen Studienverlaufs ein schematischer Studienplan einmal mit einer stärkeren Fokussierung auf den beispielhaften Schwerpunkt *Imaging* (

Tabelle 2) und einmal mit einer stärkeren Fokussierung auf den beispielhaften Schwerpunkt *Biosensorik* (Tabelle 3) erstellt worden. Im Anhang B sind beispielhafte Stundenpläne für die beiden Schwerpunkte abgebildet. Die Studierenden haben durch die flexible Gestaltung ihres Studien-

plans darüber hinaus die Möglichkeit, in den ersten beiden Mastersemestern ein Auslandssemester zu absolvieren.

Tabelle 2: Exemplarischer Studienplan mit dem beispielhaften Schwerpunkt auf bildgebende Verfahren (Imaging)

1. Semester	Modul:	Biomedical Physics 1	5 CP	2. Semester	Modul:	Biomedical Physics 2	5 CP
	Typ:	Pflichtfach			Typ:	Pflichtfach	
	Prüfungsform:	mündlich			Prüfungsform:	mündlich	
	Modul:	Chemistry in Biomedical Imaging	5 CP		Modul:	Modern X-ray Physics	5 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Wahlfach	
	Prüfungsform:	mündlich			Prüfungsform:	mündlich	
	Modul:	Physics of Magnetic Resonance Imaging 1	5 CP		Modul:	Image Processing in Physics	5 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Wahlfach	
	Prüfungsform:	schriftlich			Prüfungsform:	mündlich	
	Modul:	Physical Biology of the Cell 1	5 CP		Modul:	Physics of Magnetic Resonance Imaging 2	5 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Wahlfach	
	Prüfungsform:	schriftlich oder mündlich			Prüfungsform:	schriftlich	
	Modul:	Computer Aided Medical Procedures	5 CP		Modul:	Writing Scientific Papers: English Writing for Physics	4 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Überfachliche Grundlagen	
	Prüfungsform:	schriftlich			Prüfungsform:	mündlich	
	Modul:	Techniques and Data Analysis in Biophysics	5 CP		Modul:	Advanced Lab Course	6 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Seminar+Praktikum	
	Prüfungsform:	mündlich			Prüfungsform:	Laborleistung	

Tabelle 3: Exemplarischer Studienplan mit dem beispielhaften Schwerpunkt auf Biosensorik

1. Semester	Modul:	Biomedical Physics 1	5 CP	2. Semester	Modul:	Biomedical Physics 2	5 CP
	Typ:	Pflichtfach			Typ:	Pflichtfach	
	Prüfungsform:	mündlich			Prüfungsform:	mündlich	
	Modul:	BioMEMS and Microfluidic	5 CP		Modul:	Modern X-ray Physics	5 CP
	Typ:	Wahlfach			Typ:	Wahlfach	
	Prüfungsform:	schriftlich			Prüfungsform:	mündlich	
Modul:	Biomedical Engineering - Diagnostics and Clinical Correlations	5 CP	Modul:	In-Vitro-Diagnostik	5 CP		
Typ:	Wahlfach		Typ:	Wahlfach			
Prüfungsform:	schriftlich		Prüfungsform:	schriftlich			
Modul:	Physical Biology of the Cell 1	5 CP	Modul:	Physical Biology of the Cell 2	5 CP		
Typ:	Wahlfach		Typ:	Wahlfach			
Prüfungsform:	schriftlich oder mündlich		Prüfungsform:	schriftlich oder mündlich			
Modul:	Computer Aided Medical Procedures	5 CP	Modul:	Writing Scientific Papers: English Writing for Physics	4 CP		
Typ:	Wahlfach		Typ:	Überfachliche Grundlagen			
Prüfungsform:	schriftlich		Prüfungsform:	mündlich			
Modul:	Exp. Techniques for the Characterization of Biomatter	5 CP	Modul:	Advanced Lab Course	6 CP		
Typ:	Wahlfach		Typ:	Seminar+Praktikum			
Prüfungsform:	mündlich		Prüfungsform:	Laborleistung			

Das dritte und vierte Semester ist für jede Fokussierung gleich strukturiert und wird hier nicht explizit dargestellt.

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** wird von der Fakultät für Physik in Zusammenarbeit mit der Munich School of BioEngineering angeboten, wobei erste für die Durchführung des Studiengangs verantwortlich ist. Zusätzlich sind über Lehrimport die nachfolgenden Fakultäten in den Studiengang involviert:

- Fakultät für Elektro- und Informationstechnik (EI),
- Fakultät für Informatik (IN),
- Fakultät für Medizin (ME),
- Fakultät für Wirtschaftswissenschaften (WI),
- Fakultät für Maschinenwesen (MW),
- TUM School of Life Sciences Weihenstephan (WZ).

In den Studiengang sind Lehrbeauftragte eingebunden, welche spezifische Kompetenzen und Kenntnisse aus den im Raum München angesiedelten Forschungsinstituten und Behörden vermitteln können.

Beratung

Studiengangsspezifische Beratung

Studienplanung, Integration von Auslandsaufenthalten, individuelle Karriereplanung, allgemeine Fragen, Studienordnung, Beratung in Prüfungsausschussangelegenheiten wie Module, Anerkennung bereits erbrachter Studienleistungen etc.

Munich School of BioEngineering

NN
Boltzmannstrasse 11
85 748 Garching

Allgemeine Studienberatung

Informationen für Studieninteressierte, Beratung der Studierenden bei den unterschiedlichsten Herausforderungen des Studiums, Hotline, Service Desk, Beratung chronisch kranker und behinderter Studierender

Studierenden Service Zentrum (SSZ)

<http://portal.mytum.de/studium/ssz>
Boltzmannstrasse 17
85748 Garching

Zentrale Prüfungsangelegenheiten

Prüfungsangelegenheiten, Prüfungsbescheide, Leistungsnachweise, Abschlussdokumente, Bescheinigungen etc. für Studierende der Studiengänge

Studierenden Service Zentrum (SSZ)

<http://portal.mytum.de/studium/ssz>
Boltzmannstrasse 17
85748 Garching

Beiträge / Stipendien

Studienbeiträge, Stipendien, Studienbeitragsdarlehen, Befreiungen und Rückerstattungen von Beiträgen, etc.

Studierenden Service Zentrum (SSZ)

<http://portal.mytum.de/studium/ssz>
Studienbeiträge: 089-289-22245
beitragsmanagement@zv.tum.de
Arcisstr. 21, 80333 München
Raum 0161, 0159 und 0157

Stipendien: 089-289-22252
stipendien@zv.tum.de
Arcisstr. 21, 80333 München
Raum 0159

International Office

Informationen für Austauschstudierende, Hilfe bei sozialen Fragen, wie z. B. zum

TUM International Center (IC)

<https://www.international.tum.de/>

Visum oder zur Kontoeröffnung in Deutschland

Bewerbung und Immatrikulation

Bewerbung, Immatrikulation, Student Card, Beurlaubung, Rückmeldung, Verifikation von Studienabschlüssen, etc.

Studierenden Service Zentrum (SSZ)

<http://portal.mytum.de/studium/ssz>
Tel: 089-289-22245
studium@tum.de
Arcisstr. 21, 80333 München
SSZ Service Desk
Raum 0140

Zulassungsverfahren

Durchführung des Zulassungsverfahrens/
Eignungsverfahren, Eignungskommission

Fakultät für Physik

NN

Studienbüro Biomedical Engineering

Dezentrale Prüfungsverwaltung, Prüfungsmanagement, Prüfungstermin-/Raumplanung, Prüfungsangelegenheiten, Prüfungsbescheide, Leistungsnachweise, Abschlussdokumente, Bescheinigungen

NN

Prüfungsausschuss Biomedical Engineering

Genehmigungen (Thema und Betreuer der Masterarbeit), Anerkennungen, Fach- und Modullisten

Vorsitz: Prof. Dr. Franz Pfeiffer
franz.pfeiffer@tum.de
Tel. 089 / 289 12551

Akkreditierung/QM Studium und Lehre

Evaluation und Qualitätsmanagement, Organisation QM-Zirkel

NN

Qualitätsmanagement

Evaluation und Qualitätsmanagement, Organisation QM-Zirkel

NN

Raummanagement

NN

8 Ressourcen

8.1 Personelle Ressourcen

Die Ressourcentabelle für das Lehrangebot ist im Anhang dieses Dokumentes angefügt.

Neben dem Lehrpersonal steht außerdem Personal für die Studiengangverwaltung und administrative Tätigkeiten zur Verfügung. Dies umfasst die folgenden Bereiche:

- Studienberatung,
- Studiengangverwaltung,
- Studienkoordination,
- Prüfungsverwaltung,
- Anerkennung und Eignungsfeststellung,
- Qualitätsmanagement,
- Evaluierung,
- TUM-Online Verwaltung,
- Finanzen.

Die für die administrative Abwicklung des Studiengangs erforderlichen personellen Ressourcen sind in ausreichendem Umfang vorhanden.

8.2 Sachausstattung und Räume

Lehrveranstaltungen, Tutorien, etc.

Die meisten Module finden in Hörsälen oder Seminarräumen statt. Die Kapazitäten sind knapp, aber derzeit ausreichend. Die Raumplanung findet zentral statt.

Lern- und Lehrmaterialien

Die Bibliothek am Campus Garching ist sehr gut ausgestattet. Lehrbücher, auch in elektronischer Form, sind in ausreichender Zahl vorrätig.

Geräte, Maschinen, Labore, CIP-Ausstattung

Die Ausstattung ist derzeit in ausreichendem Maße vorhanden. Es existieren zahlreiche Labor sowohl für die Bildgebung (Computertomographen, Kernspintomographen, Röntgenanlagen, Mu-CLS) als auch die Biosensorik (Neuro-Cell Labor, Elektronik- und Biologielabore) an der MSB und der Fakultät für Physik

Räume für Lehrveranstaltungen, Selbststudium, Gruppenarbeit

Am Campus Garching gibt es in ausreichender Anzahl öffentliche Arbeitsplätze an denen diskutiert, gearbeitet, gelernt und gelebt werden kann.

9 Entwicklungen im Studiengang

Der Studiengang **Biomedical Engineering and Medical Physics** existiert an der Technischen Universität München noch nicht und wird erstmalig eingerichtet.