

Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang Chemical Biotechnology

Teil A

TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit

Technische Universität München

Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)
- Bezeichnung: Chemical Biotechnology
- Abschluss: Master of Science (M.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 4 Fachsemester und 120 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: Eignungsverfahren (EV)
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2019/2020
- Sprache: Englisch
- Hauptstandort: Straubing
- Ergänzende Angaben:
- Studiengangsverantwortliche: Prof. Dr. Volker Sieber
Prof. Dr. Bastian Blombach
- Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument:
QM TUMCS
E-Mailadresse: qm@cs.tum.de
- Stand vom: 27.11.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele	4
1.1	Zweck des Studiengangs	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs	5
2	Qualifikationsprofil	8
2.1	Wissen und Verstehen	8
2.2	Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen	9
2.3	Kommunikation und Kooperation	9
2.4	Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität	10
3	Zielgruppen	10
3.1	Adressatenkreis	10
3.2	Vorkenntnisse	11
3.3	Zielzahlen	12
4	Bedarfsanalyse	13
5	Wettbewerbsanalyse	15
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	15
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	17
6	Aufbau des Studiengangs	19
6.1	Pflichtmodule (20 CP)	21
6.2	Wahlmodule (insgesamt 70 CP)	22
6.3	Master's Thesis (30 CP)	23
6.4	Mobilitätsfenster	23
6.5	Musterstudienplan	23
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	24
8	Entwicklungen im Studiengang	27

1 Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind die prägenden Themen des 21. Jahrhunderts. Naturkatastrophen als Folge der globalen Erderwärmung, knapper werdende Ressourcen, eine schwindende biologische Vielfalt und eine stetig steigende Weltbevölkerung stellen die Menschheit vor große Herausforderungen. Mit der Agenda 2030 hat sich die Weltgemeinschaft 17 ambitionierte Ziele – die Sustainable Development Goals (SDGs) – gesetzt, um allen Menschen der Erde ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen und dabei gleichsam die natürlichen Lebensgrundlagen auch für zukünftige Generationen zu erhalten (www.bundesregierung.de). Dieses Prinzip betrifft sämtliche Lebensbereiche und beinhaltet das Verhalten privater Konsumenten ebenso wie das Handeln von staatlichen Institutionen und Unternehmen aus allen Branchen und Sektoren. Letztere sind angehalten, Produkte und Lieferketten so nachhaltig wie möglich zu gestalten und umweltfreundliche Technologien zu entwickeln. Dabei sollen natürliche Ressourcen effizient genutzt und Abfälle vermieden oder recycelt werden. Die chemische Industrie gilt dabei als wesentlicher Akteur (www.umweltbundesamt.de), da viele ihrer Produkte zur Herstellung von Alltagsgegenständen, Lebensmitteln oder zur Verbesserung der Gesundheit benötigt werden. Deutschland als Europas Chemiestandort Nummer eins (www.bund.net) kommt dabei eine besondere Verantwortung zu. Allerdings basiert die chemische Industrie noch immer im Wesentlichen auf der Nutzung von fossilen Rohstoffen, was zu den bekannten ökologischen Problemen wie der Klimaerwärmung führt. Ein großes Potential hin zu einer nachhaltigen Produktion von Chemikalien bietet hier die chemische Biotechnologie. Sie ist eine Schlüsseltechnologie zur Herstellung industrieller Produkte aus biogenen Rohstoffen oder Abfallströmen und zur Etablierung von Verfahren zur Vermeidung, Auffindung und Beseitigung von Umweltschäden. Der Ersatz konventioneller industrieller Prozesse durch biotechnologische Prozesse zur Herstellung chemischer Produkte spart Energie und Entsorgungskosten und ermöglicht die Etablierung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, die Arbeitsplätze und Wertschöpfung generiert. Dazu werden in der Natur vorkommende Werkzeuge - optimierte Enzyme, Zellen oder Mikroorganismen – eingesetzt, um organische Grund- und Feinchemikalien sowie daraus resultierende Produkte zu entwickeln und herzustellen. Der fossile Rohstoffeinsatz wird damit minimiert sowie die Anzahl der notwendigen Prozessstufen reduziert.

Um den Wandel zu einer grünen Chemie zu vollziehen, braucht man Fachkräfte, die ein chemisches Verständnis haben, mit biologischen Prinzipien und molekularbiologischen Methoden vertraut sind sowie biotechnologische Prozesse entwickeln und skalieren können. Da das Leitbild der Nachhaltigkeit auch viel Raum für Interpretation lässt und die Entwicklung geeigneter Kriterien und Indikatoren aufwändige fachliche Diskussions- und Abstimmungsprozesse erfordert, brauchen die zukünftigen Experten interdisziplinäre Kompetenzen auf den Gebieten der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs Chemical Biotechnology sind als Game Changer in den Welten Molekularbiologie, Chemie und Verfahrenstechnik zuhause. Dies erlaubt ihnen eine einzigartige, neue Sicht auf bestehende Prozesse und notwendige Verfahren, die durch nachhaltige Ansätze in diversen Forschungsfeldern gelöst werden müssen.

Die AbsolventInnen können als Fach- und Führungskräfte in der Chemie-, Bio-, Lebensmittel-, Auto-, Kosmetik- oder Pharmaindustrie neue – auch nachhaltige und umweltfreundliche – Produkte, Wirkstoffe und Verfahren entwickeln und bestehende verbessern sowie die praktische Umsetzung konstruktiv begleiten. Die AbsolventInnen sind dazu befähigt, als Schlüsselakteure und Entscheidungsträger in Fragen biogener Ressourcennutzung datengestützt zu entscheiden und Konflikte zu bearbeiten. Die Chemischen BiotechnologInnen können an allen Punkten entlang der Wertschöpfungsketten nachhaltiger Chemie mit ihren zyklischen Materialflüssen eingesetzt werden, von der Rohstoffherzeugung bzw. -beschaffung über die Aufarbeitung, Konversion und Reinigung hin zur Produktentwicklung und den End-of-Life-Technologien (z.B. Betrachtung der Abbaubarkeit von Produkten). Weiterhin können sie an Universitäten, Hochschulen oder ähnlichen Einrichtungen in Lehre und Forschung tätig sein. Durch ihren Abschluss sind sie auch für eine anschließende Promotion in einem biotechnologischen Forschungsgebiet qualifiziert.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology ist am TUM Campus Straubing (TUMCS) für Biotechnologie und Nachhaltigkeit angesiedelt. Als Integrative Research Institute der TUM steht der TUMCS für disziplinübergreifende Forschung und Lehre zur Realisierung eines nachhaltigen Rohstoff- und Energiewandels in allen Lebensbereichen. Zentrale Forschungsgebiete sind die Bioökonomie, die Kreislaufwirtschaft, die Etablierung neuer und innovativer Hochleistungstechnologien zur stofflichen und energetischen Nutzung biogener und regenerativ gewonnener Rohstoffe sowie deren betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung. Ziel ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen sowie die Biologisierung der Industrie, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.

Damit der Rohstoff- und Energiewandel zukunftsweisend und nachhaltig gelingen kann, werden Experten benötigt, die neben dem notwendigen umfassenden Fachwissen auch interdisziplinäre Kompetenzen und Innovationsbereitschaft aufweisen. Diesem Leitbild folgend werden derzeit folgende Masterstudiengänge am TUMCS angeboten:

- M.Sc. Chemical Biotechnology
- M.Sc. Biomass Technology
- M.Sc. Bioeconomy
- M.Sc. Sustainable Management and Technology (TUM School of Management)
- M.Sc. Technology of Biogenic Resources / M.Sc. Nachwachsende Rohstoffe (auslaufend)

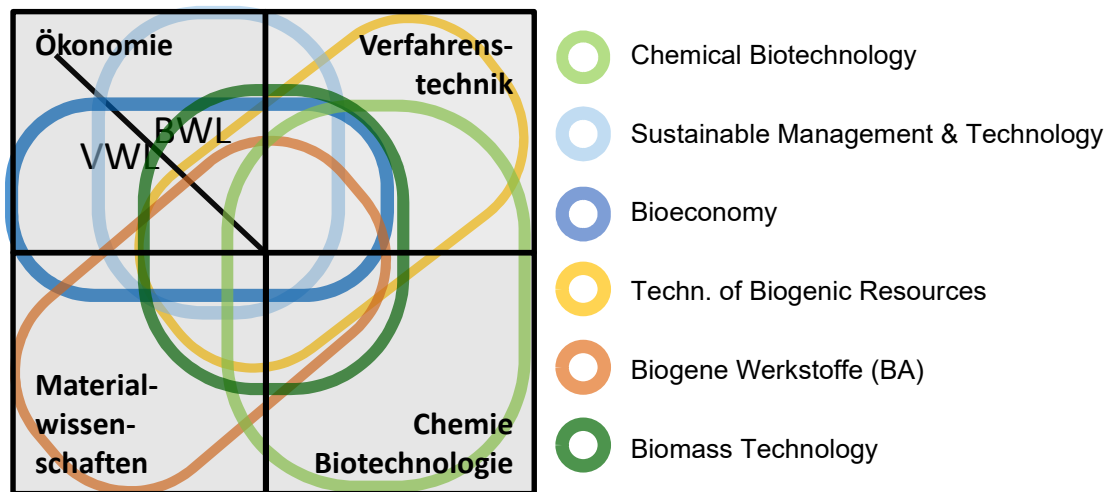


Abbildung 1: Strategische Bedeutung der Studiengänge im Rahmen der Kernthemen der Nachhaltigkeit: Ökonomie, Materialwissenschaften, Verfahrenstechnik, Biotechnologie und Chemie.

Diese, thematisch voneinander abgegrenzten Studiengänge, ermöglichen eine Spezialisierung in den Kernthemen der Nachhaltigkeit: Materialwissenschaften, Ökonomie (Betriebs- und Volkswirtschaft), Verfahrenstechnik, Biotechnologie und Chemie. Wie in Abbildung 1 zu erkennen, decken die oben genannten Masterstudiengänge, zusammen mit dem Bachelorstudiengang Biogene Werkstoffe, alle Bereiche ab. Die Schwerpunkte liegen dabei bei den Studiengängen Sustainable Management & Technology und Bioeconomy in der Ökonomie, im Studiengang Technology of Biogenic Resources in der Verfahrenstechnik und im Bachelorstudiengang Biogene Werkstoffe in den Materialwissenschaften, wobei jeder Studiengang Teile anderer Kernbereiche in unterschiedlicher Gewichtung beinhaltet. Der Studiengang Chemical Biotechnology schließt die Lücke im Bereich Biotechnologie und Chemie in Ergänzung um den Schwerpunkt Verfahrenstechnik. Diese Schwerpunkte können im Wahlmodulbereich durch das Angebot am TUM Campus Straubing um die Felder Ökonomie und Materialwissenschaften erweitert werden. Der Masterstudiengang Biomass Technology bildet, im Gegensatz zu den anderen Studiengängen, die vier Bereiche gleichermaßen ab.

Die interdisziplinäre und internationale Forschung und Zusammenarbeit in Bezug auf erneuerbare Rohstoffe zwischen den verschiedenen Fachbereichen ist ein einzigartiges Charakteristikum des TUMCS. Dadurch ist es im Bereich der Biotechnologie möglich, alle Schritte bei der Etablierung eines biotechnologischen Prozesses, wie beispielsweise den Aufschluss und die Konversion der Biomasse, aber auch die Formulierung und Markteinführung des biobasierten Produktes sowie die Kostenüberwachung, Optimierung und Skalierung des biotechnologischen Prozesses an einem Ort zu erlernen. Der TUMCS unterstützt auch Innovationen in der Bioökonomie, indem Geschäftsmodelle sowie neuartige Produkte und Technologien entwickelt und mit dem zentralen Ziel einer nachhaltigen Wirtschaftsweise bis zur Marktreife gebracht werden.

Da sich Nachhaltigkeitsziele nicht allein durch nationale Anstrengungen erreichen lassen und die weltweite Zusammenarbeit unerlässlich ist, werden alle Masterstudiengänge am TUMCS ausschließlich auf Englisch angeboten und eine internationale Perspektive vermittelt. Damit tragen sie zur konsequenten Weiterentwicklung des TUMCS zu einem international renommierten Studienort im Bereich der Nachhaltigkeit bei.

Die Zukunftsstrategie TUM. The Entrepreneurial University identifiziert die Bioökonomie und Nachhaltigkeit als zukünftige High Potential Research Area. Der TUMCS bildet zusammen mit dem Technologie- und Förderzentrum des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (Carmen e.V.) das Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe. Eine Fraunhofer-Projektgruppe (BioCat) zur Entwicklung neuer chemischer Katalysatoren und Biokatalysatoren ist direkt am Campus angesiedelt. Die industrielle Anbindung ist sowohl durch die BioCampus Straubing GmbH mit dem zugehörigen Gründer- und Unternehmerzentrum für nachwachsende Rohstoffe (BioCubator) gegeben als auch durch die räumliche Nähe zu Chemiekonzernen wie der Clariant oder der Wacker Chemie AG in Burghausen als größten Chemiestandort Bayerns. Gleichzeitig liegt Straubing inmitten des landwirtschaftlich intensiv genutzten Gäubodens sowie in unmittelbarer Nähe zum Bayerischen Wald und ist damit das Zentrum einer Region der nachwachsenden Rohstoffe. Das heißt die Kompetenzen zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden dort erworben, wo die (Wieder-)Verwertung von Biomasse im großen Umfang möglich ist.

2 Qualifikationsprofil

Das Qualifikationsprofil entspricht inhaltlich den Vorgaben des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmen - HQR) und den darin enthaltenen Anforderungen (i) Wissen und Verstehen, (ii) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen, (iii) Kommunikation und Kooperation und (iv) Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zugangsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in der entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnung ausgeführt.

2.1 Wissen und Verstehen

Im Masterstudiengang Chemical Biotechnology erweitern und vertiefen die Studierenden ihr Wissen im Bereich der chemischen Biotechnologie im Vergleich zu den erlernten Grundlagen im Bachelor. Die AbsolventInnen des Studiengangs sind mit den Prinzipien und relevanten Methoden und Techniken der angewandten Mikrobiologie und des Metabolic Engineering, und mit deren Anwendung im Rahmen der industriellen Mikrobiologie vertraut. Sie haben umfassende Kenntnisse über mikrobielle Fermentationsprozesse erworben und kennen und verstehen die Möglichkeiten und Grenzen etablierter industrieller enzymatischer Prozesse.

AbsolventInnen des Studiengangs kennen die Prinzipien einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Produktion und Verarbeitung von Chemikalien. Sie setzen sich frühzeitig damit auseinander, welche verschiedenen Sichtweisen und Interessen es zum Thema Nachhaltigkeit gibt und wie diese bei der biotechnologischen Entwicklung von Produkten zu berücksichtigen sind. Zudem sind sie mit dem derzeitigen Wissensstand der biotechnologischen Forschung vertraut und verstehen aktuelle Entwicklungen. Die Studierenden haben die Möglichkeit, sich auf dem Gebiet der Elektrobiotechnologie oder den Materialwissenschaften weiterzubilden.

Durch die Arbeit in Praktika im Labor haben sich die AbsolventInnen die für das Berufsfeld der chemischen Biotechnologie notwendigen methodischen und handwerklichen Kompetenzen angeeignet. Sie sind mit den Sicherheitsbestimmungen im Labor sowie der korrekten Handhabung von mikrobiellen und gentechnisch veränderten Kulturen vertraut. Ebenso wissen sie um die korrekte Nutzung von Laborgeräten (wie Waagen, Mikroskope, Spektrometer etc.) und die Möglichkeiten der Auswertungen von Ergebnissen. Sie verfügen damit über das Wissen zur eigenständigen Durchführung organisch-chemischer Reaktionen und mikro- und molekularbiologischer Verfahren und besitzen zudem ein tieferes Verständnis der Theorien, die den Experimenten zugrunde liegen. Sie sind mit den molekularen und zellulären Mechanismen biochemischer Prozesse vertraut und können entsprechende Methoden anwenden z.B. bei enzymkatalysierten Reaktionen.

2.2 Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen

Nach Abschluss des Studiums sind die Studierenden in der Lage, Strategien zur Beeinflussung des zellulären Stoffwechsels für ausgewählte Produktklassen zu entwickeln. Sie sind entlang der gesamten Kette der Prozessentwicklung fähig, biotechnologische Methoden anzuwenden, isolierte Enzyme sowie ganze Mikroorganismen zu erproben bzw. zu modifizieren, an der Entwicklung von Biokatalysatoren mitzuwirken und biotechnologische Apparaturen und Anlagen zu planen. Die AbsolventInnen können Fermentationsprozesse quantitativ beschreiben und Massenbilanzen berechnen. Sie sind in der Lage, einen Produktionsstamm zu kultivieren, Prozessparameter zu optimieren, Biomasse, Substrat- und Produktkonzentrationen zu analysieren und eine Kohlenstoffbilanz des Prozesses zu erstellen. Sie können Reaktionen biokatalytisch etablieren bzw. technisch sinnvolle Szenarien für neu entwickelte enzymatische Prozesse vorschlagen.

Gleichzeitig können sie ihr erworbenes Fach- und Methodenwissen problemlösungsorientiert als auch theoretisch-wissenschaftlich bei für sie neuen Aufgaben anwenden. So sind sie beispielsweise darauf vorbereitet, im Labor entwickelte Verfahren auf den großtechnischen Maßstab zu übertragen. Weiterhin sind sie in der Lage, Problemstellungen selbständig zu identifizieren und über die passende Auswahl von Forschungsmethoden geeignete Wege für die Bearbeitung der entsprechenden Forschungsideen zu entwickeln. Sie sind mit dem aktuellen Wissensstand der biotechnologischen Forschung vertraut und können diesen bewerten. Dazu gehört auch das Erstellen von grafischen Darstellungen und Tabellen aus der Literatur und das korrekte Zitieren aus relevanten Literaturquellen unter Beachtung der wissenschaftlichen Integrität. Aktuelle Ansätze können sie auch direkt methodisch anwenden. So sind die zukünftigen AbsolventInnen beispielsweise fähig, bestehende Fermentationsverfahren aufgrund aktueller Literaturdaten weiter zu optimieren. Die erworbenen Kenntnisse und Methoden dienen als Fundus für eigene, zukünftige Innovationsideen.

2.3 Kommunikation und Kooperation

Die AbsolventInnen sind mit dem einschlägigen Fachvokabular vertraut und können dieses auf dem Gebiet in geeigneter Weise verwenden, um sich sach- und fachbezogen mit Wissenschaftlern, Industrievertretern und Kommilitonen auszutauschen. Sie haben Wissen über die Diskussionskultur ihres Fachbereichs und ein grundlegendes Bewusstsein für inter- und transdisziplinäre Konfliktpotentiale. Sie sind in der Lage, konstruktiv und lösungsorientiert im Team zu arbeiten. Zudem haben sie die Fähigkeit, ihre erlangten Ergebnisse und Kenntnisse zielgruppengerecht aufzubereiten, zu präsentieren und zu kommunizieren.

2.4 Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität

Nach Abschluss des Studiums können die Studierenden unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse Forschungsfragen formulieren, Forschungsprojekte konzipieren und bearbeiten, sowie Forschungsergebnisse auswerten. Sie handeln nach den Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis und unter Beachtung diverser Sicherheitsrichtlinien und rechtlicher Vorgaben. Sie verfügen damit über die Grundlagen, um in einer anschließenden Dissertation die Befähigung zur eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit zu erwerben.

Von besonderem Vorteil ist die anwendungsbezogene Ausbildung, wodurch sich die Absolventen des Masterstudiums Chemical Biotechnology schnell in komplexe Aufgabenstellungen einarbeiten können. Die Absolventen/Absolventinnen sind in der Lage, ein berufliches Selbstbild zu kreieren und ihr eigenes Kompetenzprofil auf die entsprechenden Tätigkeitsfelder in der Berufswelt zu reflektieren, auszubauen und weiterzuentwickeln, um auf dem Arbeitsmarkt handlungsfähig zu sein. Sie haben ein Gefühl für die fachlichen Bedürfnisse und Herausforderungen der Industrie und entwickeln vor diesem Hintergrund neue Lösungsansätze und Strategien. Die AbsolventInnen des Studiengangs Chemical Biotechnology sind sich ihrer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung bewusst und in der Lage, ihr Handeln kritisch zu reflektieren. Sie haben verinnerlicht, was ethisches, verantwortliches und nachhaltiges Handeln in diesem Industriezweig bedeutet. Sie haben exemplarisch außerfachliche Qualifikationen erworben und sind damit für die nichttechnischen Anforderungen einer beruflichen Tätigkeit sensibilisiert. Sie sind durch die studienbegleitende praktische Ausbildung auf die unbedingt erforderliche Sozialisierungsfähigkeit im betrieblichen Umfeld vorbereitet.

3 Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology richtet sich an Hochschulabsolventinnen und -absolventen in- oder ausländischer wissenschaftlicher Hochschulen mit Bachelor of Science oder gleichwertigem Abschluss in den Studiengängen der Biotechnologie, Biochemie, Bioverfahrenstechnik und Chemischen Verfahrenstechnik oder vergleichbaren Studiengängen. Die Studierenden sollen über ein breites und integriertes Wissen und Verstehen in zwei der drei Gebiete Molekularbiologie, Chemie und Ingenieurwissenschaften verfügen. Zukünftige Chemische Biotechnologen sollen Freude an der Lösung interdisziplinärer Problemstellungen haben, um in einem schnell wachsenden Zweig innovativ arbeiten und zur Lösung gesamtgesellschaftlicher Probleme beitragen zu können.

3.2 Vorkenntnisse

Die fachliche Qualifikation wird in einem Eignungsverfahren gemäß Anlage 2 FPSO geprüft.

BewerberInnen sollen aus den jeweils genannten Bereichen folgende Kenntnisse mitbringen:

Mathematik und Statistik: BewerberInnen sollen die wichtigsten mathematischen Methoden, welche für die Berechnungen und Modellierungen im naturwissenschaftlichen Bereich erforderlich sind, beherrschen. Dazu gehören die sichere Anwendung der Differential- und Integralrechnung, sowie Kenntnisse in der linearen Algebra. Zudem sollen sie die wichtigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungen und statistischen Tests kennen und eigenständig anwenden können

Physik: BewerberInnen sollen die grundlegenden Konzepte der Mechanik (Statik, Dynamik), Wärmelehre (Hauptsätze, Zustandsgleichung), Elektrizität (Gleichstrom) und Optik kennen und soweit verstehen, dass sie diese auf einfache physikalische Fragestellungen lösungsorientiert anwenden können.

Informatik & Bioinformatik: BewerberInnen sollen den allgemeinen Aufbau von Computersystemen kennen sowie ein grundlegendes Verständnis von unterschiedlichen Zahlensystemen und deren Arithmetik haben. Sie sollen grundlegende Kenntnisse der Programmierung sicher beherrschen und die wichtigsten Elemente der Programmierung kennen wie z. B. Variablen, Kontrollstrukturen, Schleifen und Funktionen. In der Bioinformatik sollen die wichtigsten biologischen Datenbanken (z.B. EBI, NCBI) bekannt sein. Zudem soll ein grundlegendes theoretisches Verständnis von Alignmentverfahren (z.B. Needleman-Wunsch, Smith-Waterman und BLAST) und phylogenetischen Analysen vorhanden sein sowie die Fähigkeit diese eigenständig anzuwenden.

Chemie: BewerberInnen sollen die Grundprinzipien chemischer Reaktionen verstehen und in der Lage sein, entsprechende Reaktionsgleichungen zu formulieren sowie einfache reaktionskinetische und thermodynamische Analysen durchzuführen. Sie sollen zudem die Strukturen und Aggregatzustände chemischer Verbindungen verstehen und mit praktischen Arbeiten in chemischen Laboratorien vertraut sein. Darüber hinaus sollen sie Grundprinzipien der Katalyse verstehen und physikalisch-chemische Analysemethoden bedarfsgerecht anwenden können.

Biologie: BewerberInnen sollen grundlegende Kenntnisse über Struktur und Funktion von Biomolekülen, die Bestandteile von Zellen und den Fluss genetischer Information besitzen. Sie sollen Gruppen von Mikroorganismen differenzieren können und wichtige Stoffwechselwege kennen. Sie sollen die wichtigsten molekulargenetischen Methoden verstehen und erfolgreich anwenden können. Sie sollen theoretische Kenntnisse zur Reinigung von exprimierten Proteinen sowie zur Analyse der kinetischen Parameter von Enzymen besitzen. Darüber hinaus sollen Sie erfolgreich eigenständig biologische Laborexperimente geplant, durchgeführt und ausgewertet haben.

Verfahrenstechnik: BewerberInnen sollen die grundlegenden Phänomene und Modellierungsansätze der chemischen Thermodynamik sowie der Mischphasenthermodynamik

kennen. Sie sollen die Funktion der wichtigsten Apparate der thermischen Verfahrenstechnik, der Bioverfahrenstechnik und der Reaktionstechnik beschreiben sowie diese in Bezug auf Masse und Energie bilanzieren können.

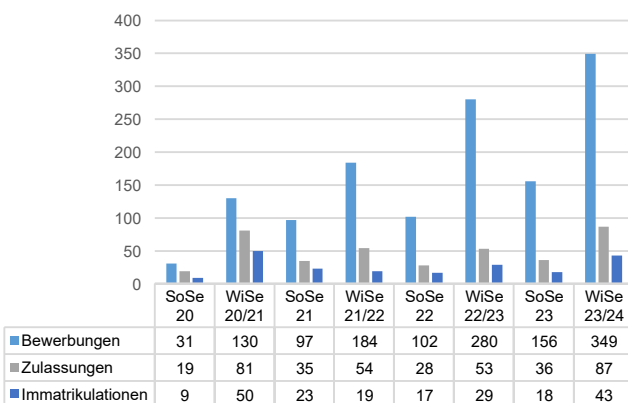
Die Fähigkeit zur eigenständigen Bearbeitung von kleineren wissenschaftlichen Projekten sollen die BewerberInnen nicht nur durch die Anfertigung einer Bachelor's Thesis, sondern im Idealfall auch durch das Absolvieren eines Forschungspraktikum im Umfang von ca. 300 Zeitstunden erlangt haben. Weiterhin sollen die potentiellen Studierenden in der Lage und bereit sein, anwendungs- und praxisbezogene Fragestellungen zur beantworten.

Da das Studium auf Englisch angeboten wird, sind Englischkenntnisse vorausgesetzt und müssen bei der Bewerbung durch ein TUM anerkanntes Sprachzertifikat (z.B. TOEFL, IELTS) nachgewiesen werden.

3.3 Zielzahlen

Das Masterstudium Chemical Biotechnology kann sowohl im Winter- als auch im Sommersemester aufgenommen werden. Der TUMCS strebt eine mittlere Anfängerzahl von 25 Studierenden pro Semester an.

a) Bewerbungen, Zulassungen, Immatrikulationen



b) Studierende

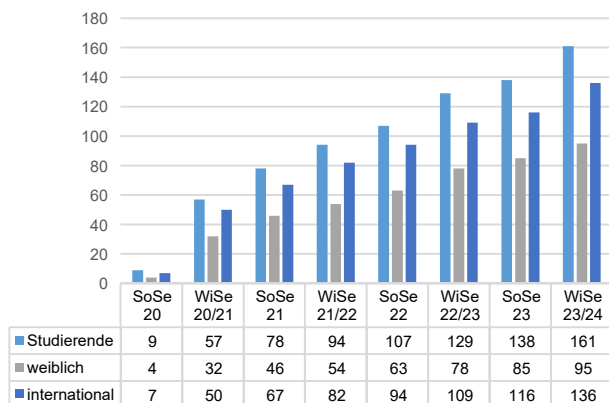


Abbildung 2: a) Entwicklung der Bewerbe-, Zulassungs- und Immatrikulationszahlen 2020 – 2023 im Masterstudiengang Chemical Biotechnology. b) Entwicklung der Studierendenzahlen 2020 -2023 mit Anzahl weiblicher und internationaler Studierender. WiSe = Wintersemester, SoSe = Sommersemester

Abbildung 2 a) zeigt die Zahlen der Bewerbungen, Zulassungen und Immatrikulationen seit Beginn des Studiengangs zum Sommersemester 2020 für die jeweiligen Sommer- und Wintersemester (SoSe / WiSe) bis einschließlich WiSe 23/24. Die Anzahl der Bewerbungen zum WiSe stieg stetig seit 2020/21 von 130 auf 349 zum WiSe 23/24 an, ebenso wie die Bewerbungen zum SoSe, zu dem strukturbedingt weniger Studienbewerber und Studienbewerberinnen verzeichnet werden als zum WiSe. Nach einem Rückgang der Zulassungen zum WiSe 21/22 und WiSe 22/23 auf 54 bzw. 53

stiegen diese zum WiSe 23/24 wieder auf 87 an. Damit erhielten zum WS 23/24 24 % der BewerberInnen eine Zulassung. Im Mittel immatrikulierten sich seit SoSe 20 54 % der zugelassenen BewerberInnen. Die angestrebte mittlere Anfängerzahl ist mit durchschnittlich 26 Studierenden pro Semester erfüllt. Dass sich zum WS 21/22 nur 35 % der zugelassenen BewerberInnen immatrikulierten, könnte ein pandemiebedingter Effekt sein. Die Anzahl der Studienanfänger nahm seit WiSe 21/22 weiter stetig zu und betrug zum WS 23/24 43 Neuimmatrikulationen.

Ein Rückgang der Bewerberzahlen aufgrund der Einführung der Studiengebühren zum WS 24/25 wird erwartet, da ein Teil der internationalen Bewerber davon betroffen sein wird. Der Anteil internationaler Bewerber lag seit WiSe 20/21 durchgehend über 90 %.

In Abbildung 2 b) ist der kontinuierliche Anstieg der Studierendenzahlen von 9 auf 161 seit Einführung des Studiengangs bis einschließlich WiSe 23/24 zu erkennen. Mit einem Frauenanteil von im Mittel 57 % ist der naturwissenschaftliche Studiengang paritätisch verteilt. Der Anteil internationaler Studierender liegt im Mittel bei 85 %.

4 Bedarfsanalyse

Deutschland ist Europas Chemiestandort Nummer eins und steht weltweit an dritter Stelle hinter China und den USA. In Deutschland selbst ist die chemisch-pharmazeutische Industrie mit 2.100 Unternehmen und insgesamt ca. 466.500 Mitarbeitern der drittgrößte Industriezweig (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz). Ihr Gesamtumsatz betrug 2021 rund 220 Mrd. Euro, was einen Anstieg um 15,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet. Nichtsdestotrotz befindet sich die Chemie in der Krise. Hohe Energie- und Rohstoffkosten und globale Knappheit bei Material bremsen die Produktion und belasten die Ertragslage (VCI). Dafür verantwortlich sind u.a. steigende Preise für Erdöl. Hier bietet der Einsatz weißer Biotechnologie einen Vorteil, da sie gegenüber den traditionellen chemischen Verfahren, erdölunabhängig agiert und damit Chancen für die Entwicklung neuer Erzeugnisse eröffnet und die Kosten bei zahlreichen Produktionsprozessen vermindern kann. Daher verzeichnet diese Branche auch einen stetigen Aufwärtstrend und lieferte 2021 das zweite Jahr infolge in Deutschland Rekordwerte. Laut Branchenbericht des Biotechnologie-Branchenverband BIO Deutschland und der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft EY verzeichneten die 774 hiesigen Biotechnologie-Unternehmen eine Umsatzsteigerung von 279% (26,32 Mrd. Euro) im Vergleich zum Vorjahr. Auch die Zahl der Arbeitsplätze in der Biotechnologie hat deutschlandweit mit 16 % deutlich zugelegt und liegt bei ca. 44.500 Beschäftigten. Das größte Anwendungspotential findet sich im Bereich der Feinchemie, bei der Herstellung von Biokunststoffen, Waschmitteln, Vitaminen oder branchenorientiert gesehen in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie, der Kosmetikindustrie, der Zellstoff- und Papierindustrie sowie der Textil- und Lederindustrie.

Die Umstellung industrieller Prozesse auf biotechnologische Verfahren sowie die Entwicklung neuer Produkte stehen erst am Anfang und dürften in den kommenden Jahren, durch immer knapper

werdende fossile Rohstoffe und den politischen Vorgaben zur CO₂-Emissionsreduktion, deutlich an Dynamik gewinnen. Eine 2019 von den Vereinten Nationen herausgegebene Studie („The decade to deliver – A call to business action - Global Compact Accenture Strategy CEO Study on Sustainability“) bestätigt, dass sich internationale Konzerne verstärkt zu den Nachhaltigkeitszielen bekennen und entsprechende Maßnahmen auf den Weg bringen. Im Rahmen des Zukunftsdialoges „Chemie und Pharma“ wurde 2021 ein Handlungspaket zwischen Bundeswirtschaftsministerium und den Spitzen der chemisch-pharmazeutischen Industrie, des Verbands der chemischen Industrie (VCI), des Bundesarbeitgeberverbands Chemie (BAVC) und der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) erarbeitet und verabschiedet. Zentrales Ziel ist es, die Weichen für eine nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit des Chemie- und Pharmastandorts Deutschland bis 2045 zu stellen (Bundeministerium für Wirtschaft und Klimaschutz). Ein Perspektivwechsel hin zu einer nachhaltigen Entwicklung ist für das Industriefeld Chemie aber kein Selbstläufer. Neue Technologien müssen entwickelt werden, die an die biogenen Rohstoffe angepasst sind und ihre Verarbeitung ermöglichen. In diesem komplexen Thema sind Fachkräfte gefordert, die interdisziplinär arbeiten können und durch ihre Expertise im Bereich der wissenschaftlichen Grundlagen die Herausforderungen der Verfahrenstechnik, aber auch der ökonomischen und ökologischen Aspekte meistern. Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology ist eine ideale Antwort auf den steigenden Bedarf an Wissenschaftlern und dem für sie geltenden Anforderungsprofil im Bereich der chemischen Industrie, um deren Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit voranzutreiben. Viele schließen daher direkt an den Masterabschluss eine Promotion an. Ein Großteil verbleibt dafür am TUM Campus Straubing. Wichtiges Kriterium bei der Einstellung der AbsolventInnen in Ihrem ersten Arbeitsverhältnis ist das durch den Studiengang erworbene Kompetenzprofil. Als erste Arbeitgeber im Unternehmensbereich der Pharmaindustrie können u.a. Clariant AG und Pharmaplan AG genannt werden. Mit der aktuellen Gründung eines Alumnivereins soll mit zunehmender Anzahl der AbsolventInnen für diesen jungen Studiengang das Netzwerk gestärkt werden sowie Karrierewege klarer aufgezeigt werden.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Untersucht man deutschlandweit, welche Universitäten einen vergleichbaren Masterstudiengang mit Elementen aus der Molekularen Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik anbieten, so ergibt sich folgende Liste:

Name des Bachelorstudiengangs	Universität
Chemical and Energy Engineering (M.Sc.)	Universität Magdeburg
Chemical Engineering (M.Sc.)	Universität Ulm
Chemical Engineering – Nachhaltige Chemische Technologien (M.Sc.)	FAU Erlangen - Nürnberg
Chemie- und Bioingenieurwesen (M.Sc.)	FAU Erlangen - Nürnberg
Bio- und Chemieingenieurwesen (M.Sc.)	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
Bioingenieurwesen (M.Sc.)	Karlsruher Institut für Technologie
Bioingenieurwesen (M.Sc.)	Technische Universität Dortmund
Biotechnologie und Chemische Verfahrenstechnik (M.Sc.)	Universität Bayreuth
Bioverfahrenstechnik (M.Sc.)	Technische Universität Hamburg
Bioverfahrenstechnik (M.Sc.)	Technische Universität Kaiserslautern-Landau
Chemistry and Biotechnology (M.Sc.)	Universität Leipzig
Biotechnische Chemie (M.Sc.)	Technische Universität Ilmenau

Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology bietet den Studieninteressierten Inhalte aus den Bereichen Molekulare Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik und folgt den Empfehlungen der DECHEMA e.V. für eine naturwissenschaftliche Studienausrichtung. Keiner der gelisteten Studiengänge hat ein ähnliches Profil. Meist erfolgt die Fokussierung auf einen der drei Bereiche.

Die Masterstudiengänge „Chemical and Energy Engineering“ der Universität Magdeburg, „Chemical Engineering“ der Universität Ulm und „Chemie- und Bioingenieurwesen“ der FAU Erlangen-Nürnberg legen den Schwerpunkt auf die Verfahrenstechnik. Mikro- oder molekularbiologische Inhalte finden sich nur zum Teil oder fehlen ganz.

Der M.Sc. „Chemical Engineering – Nachhaltige Chemische Technologien“ ist dem Masterstudiengang Chemical Biotechnology hinsichtlich der Vermittlung von Nachhaltigkeitsaspekten am ähnlichsten. Hier finden die Studieninteressierten einen Schwerpunkt Nachhaltigkeit (u.a. Prozesssynthese und -intensivierung, Ökobilanzen, Grüne Chemie und Katalyse, Nachwachsende Rohstoffe, Energie, Abfall, Recycling, Gefährdung, Toxikologie,

Gesetzgebung, Kosten und Gesamtbewertung) und können eine verfahrenstechnische Vertiefung wählen. Jedoch fehlt auch hier der Anteil mikro- und molekularbiologischer Inhalte. Der Studiengang ist zudem ausschließlich auf Deutsch und Englisch studierbar und für internationale Bewerber daher weniger interessant als der rein englischsprachige M.Sc. Chemical Biotechnology.

Auch die ausschließlich auf Deutsch angebotenen Studiengänge „Bio- und Chemieingenieurwesen“ der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, „Bioingenieurwesen“ des Karlsruher Instituts für Technologie, „Bioingenieurwesen“ der Technischen Universität Dortmund, „Biotechnologie und Chemische Verfahrenstechnik“ der Universität Bayreuth und „Bioverfahrenstechnik“ der Technischen Universität Hamburg stellen hinsichtlich der Zielgruppe keine Konkurrenz zum Masterstudiengang Chemical Biotechnology dar. Zumal hier bei fast allen der Studienschwerpunkt wieder auf der Verfahrenstechnik und dem Ingenieurwesen liegt. Biologische und chemische Inhalte finden sich lediglich beim Studiengang „Bio- und Chemieingenieurwesen“ vermehrt im Wahlbereich wieder. Beim M.Sc. „Bioingenieurwesen“ des Karlsruher Instituts für Technologie fehlen mikro- und molekularbiologische Inhalte, in den Masterstudiengängen „Bioingenieurwesen“ der Technischen Universität Dortmund und „Bioverfahrenstechnik“ der Technischen Universität Hamburg fehlt die chemische Ausrichtung. Lediglich der Masterstudiengang „Biotechnologie und Chemische Verfahrenstechnik“ der Universität Bayreuth weist mit den Vertiefungen Bioinspirierte Materialien, Bioprozesstechnik und chemische Verfahrenstechnik ein ähnliches Portfolio wie der MSc. Chemical Biotechnology auf. Jedoch wird auch dieser, wie bereits erwähnt, ausschließlich auf Deutsch angeboten und zielt daher nicht auf die internationale Studierendenschaft des englischsprachigen Masterstudiengangs Chemical Biotechnology ab. Der ebenfalls deutschsprachige Masterstudiengang „Bioverfahrenstechnik“ der Technischen Universität Kaiserslautern-Landau mit dem Fokus auf Verfahrenstechnik wird eingestellt, eine Einschreibung ist derzeit nicht mehr möglich.

Die Technische Universität Ilmenau bietet mit dem deutschsprachigen Master „Biotechnische Chemie“ einen Studiengang an, der eine chemisch/biologische Vorbildung voraussetzt. Dieser lässt jedoch, im Gegensatz zu den vorher genannten Studiengängen, die Verfahrenstechnik außen vor und bietet stattdessen Module wie Mikro- und Nanosysteme oder Quantenmechanik an. Damit unterscheiden sich die Inhalte maßgeblich von denen des Masterstudiengangs Chemical Biotechnology, der die Verfahrenstechnik als einen wichtigen Teil sieht und miniaturisierte Biotechnologie nicht im Curriculum integriert hat.

Beim englischsprachigen Studiengang „Chemistry and Biotechnology“ der Universität Leipzig handelt es sich um ein Chemiestudium mit Schwerpunkt in der Biotechnologie. Er bietet breitgefächerte Wahlmöglichkeiten aus den chemischen und biotechnologischen Fachgebieten und kommt damit dem Masterstudiengang Chemical Biotechnology sehr nah. Jedoch ist die Immatrikulation seit dem Wintersemester 2022/23 ausgesetzt.

Zusätzlich zu den aufgelisteten Studiengängen werden an deutschen Universitäten ca. 20 bis 25 Masterstudiengänge im Bereich Biotechnologie angeboten, die hier nicht alle einzeln aufgeführt werden. Der Großteil dieser Studiengänge widmet sich der Biotechnologie in ihrer Breite oder setzt einen Schwerpunkt auf die Molekulare Biotechnologie. Findet sich eine verfahrenstechnische Spezialisierung, werden chemische Inhalte meist nur am Rand behandelt. Beispiele hierfür sind die Universität des Saarlandes (Masterstudiengang Biotechnologie) oder die TU Berlin (Masterstudiengang Biotechnologie, Vertiefungsmöglichkeit Industrielle Biotechnologie).

Auch auf europäischer Ebene zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Im Masterstudium „Chemistry and Chemical Technology“ beispielsweise, der von der Universität Linz angeboten wird, steht die Chemie ganz klar im Mittelpunkt. Die Verfahrenstechnik spielt nur eine untergeordnete Rolle. Auch molekularbiologische Inhalte findet man nur vereinzelt. Stattdessen ist eine Spezialisierung im Bereich Materialwissenschaften möglich. Der Studiengang vergibt zudem noch den Abschluss Diplomingenieur.

International bietet beispielsweise die Brock University in Kanada einen M.Sc. in „Biotechnology mit Schwerpunkt Chemical Biotechnology“ an. Die Warsaw University of Technology (Polen) vergibt einen Masterabschluss in „Applied Biotechnology“, der an der Fakultät für Chemie verortet ist. Aufgrund der Entfernung dieser Hochschulen stellen sie keine Konkurrenz zum Angebot des TUMCS dar.

Zusammengefasst stellt die Fokussierung auf die drei Schwerpunkte Chemie, Molekulare Biologie und Verfahrenstechnik ein Alleinstellungsmerkmal des Masterstudiengangs Chemical Biotechnology dar.

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

An der TU München existieren im Bereich Biotechnologie folgende Master-Studiengänge:

Name des Bachelorstudiengangs	School
Industrielle Biotechnologie	School of Engineering and Design
Molekulare Biotechnologie	School of Life Sciences
Pharmazeutische Bioprozesstechnik	School of Life Sciences
Lebensmitteltechnologie	School of Life Sciences
Brauwesen und Getränketechnologie	School of Life Sciences

Alle genannten Studiengänge werden ausschließlich auf Deutsch angeboten und sind daher, hinsichtlich der Zielgruppe, nicht als Konkurrenz zum englischsprachigen Masterstudiengang Chemical Biotechnology mit seiner internationalen Ausrichtung zu sehen.

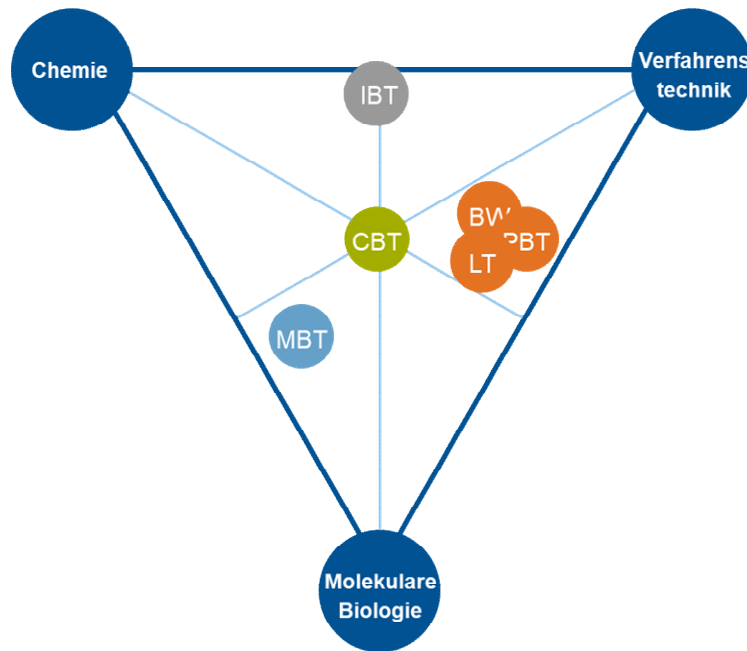


Abbildung 3: Master-Studiengänge an der TU München im Bereich Chemie – Verfahrenstechnik – molekulare Biologie: CBT: Chemische Biotechnologie; BW: Brauwesen und Getränketechnologie; LT: Lebensmitteltechnologie; PBT: Pharmazeutische Bioprozesstechnik; IBT: Industrielle Biotechnologie; MBT: Molekulare Biotechnologie

Diese an der TU München angebotenen Masterstudiengänge lassen sich wie in Abbildung 3 dargestellt in Abhängigkeit ihrer Schwerpunkte zwischen den Bereichen Chemie – Verfahrenstechnik – Molekulare Biologie einordnen. Wie daran erkennbar, ist der Studiengang Chemische Biotechnologie durch seine paritätischen Anteile zentral verortet und grenzt sich dadurch von den anderen Masterstudiengängen ab. Eine entscheidende Rolle spielen zudem die Standorte. Der Masterstudiengang Chemische Biotechnologie wird als einziger der genannten am TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit angeboten und setzt einen entscheidenden Schwerpunkt im Bereich Nachhaltigkeit durch die Nutzung biogener Rohstoffe.

Schwerpunkte des Masterstudiengangs „Industrielle Biotechnologie“ sind Enzymtechnik, Metabolic Engineering, Bioprozesstechnik und Aufarbeitung von Bioprodukten. Hier gibt es eine klare Überschneidung mit dem Studiengang Chemical Biotechnology, die Studierenden werden in diesem aber darüber hinaus in den Lehrgebieten der Chemischen Katalyse, der biobasierten chemischen Synthese und der Elektrochemie entsprechend gleichwertig qualifiziert. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Studiengängen ist die Zielgruppe der

TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)

StudienbewerberInnen und dem damit verbundenen Aufbau des Studiums. Ein beträchtlicher Teil des Masterstudiums der „Industriellen Biotechnologie“ widmet sich biowissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Grundlagen, wodurch auch BachelorandInnen von Ingenieursstudiengängen ohne biologische Vorkenntnisse in die Lage versetzt werden, den Studiengang erfolgreich zu absolvieren. Im Gegensatz dazu richtet sich der Studiengang Chemical Biotechnology insbesondere an BewerberInnen mit Vorkenntnissen in Biotechnologie oder Bioverfahrenstechnik. Dadurch kann bereits ab dem 1. Fachsemester ein tiefergehendes fachspezifisches Studium erfolgen.

Die Inhalte des zur TUM School of Life Sciences gehörenden Masterstudiengangs „Molekulare Biotechnologie“ sind hauptsächlich von molekularbiologischen Themenfeldern und Methoden geprägt. Die verschiedenen biologischen Systeme werden in ihrer vollen Breite behandelt wobei die rote Biotechnologie einen Schwerpunkt bildet. Das Curriculum zielt auf Inhalte der molekularen Medizin, wie beispielsweise Physiologie, Herausforderungen der Biomedizin oder immunologische Prozesse. Im Gegensatz dazu liegt der Fokus im Masterstudiengang Chemical Biotechnology auf Mikroorganismen, während tierische/ humane Systeme kaum eine Rolle spielen. Die Bioverfahrenstechnik, die einen der drei Schwerpunkte des Studiengangs Chemical Biotechnology darstellt, ist im Studiengang Molekulare Biotechnologie nur von untergeordneter Bedeutung.

Die Masterstudiengänge „Lebensmitteltechnologie“ und „Brauwesen und Getränketechnologie“ grenzen sich durch die Fokussierung auf Lebensmittel bzw. Bier und Getränke deutlich von der Chemischen Biotechnologie ab, deren Fokus auf dem Industriefeld Chemie liegt.

Der Masterstudiengang „Pharmazeutische Bioprozesstechnologie“ ist auf die pharmazeutische Industrie, insbesondere aber auf pharmazeutische Anwendungen und Prozesse ausgerichtet. Neben naturwissenschaftlichen Grundlagen, beispielsweise zur Struktur und Funktion von Proteinen, spielen vor allem Aspekte der Bioprozesstechnik eine wichtige Rolle. Katalyse und Metabolic Engineering stehen hier jedoch nicht im Fokus, wodurch eine deutliche Abgrenzung zum Masterstudiengang Chemical Biotechnology gegeben ist.

6 Aufbau des Studiengangs

Formaler Aufbau

Der Aufbau des Studiengangs orientiert sich an den Empfehlungen der DECHEMA e.V. und legt seinen Schwerpunkt auf eine fundierte, interdisziplinäre naturwissenschaftliche Ausbildung. Da die molekulare und zelluläre Betrachtung jedoch immer vor dem Hintergrund der technischen Randbedingungen eines realen Prozesses erfolgen sollte, vermittelt der Studiengang auch verfahrenstechnische Inhalte.

Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology ist ein vollständig auf Englisch studierbarer Vollzeitstudiengang, der inklusive Masterarbeit vier Semester Regelstudienzeit und 120 CP umfasst. Die Aufnahme erfolgt zum Winter- und Sommersemester. Für ein erfolgreiches Semester sind 30 CP zu erwerben. Nach bestandener Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science“ („M.Sc.“) verliehen.

Der Studienbetrieb findet ausschließlich am TUMCS statt. Es besteht enger Kontakt zu den anderen Studiengängen des TUMCS, disziplinfremden Fachbereichen sowie artverwandten Forschungseinrichtungen wie dem Department IFA-Tulln - Internationale Universitäre Forschungseinrichtung für Agrarbiotechnologie, dem Technologie- und Förderzentrum, der Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Fraunhofer-Institut.

Der Studiengang gliedert sich in einen Pflichtbereich (50 CP) und einen fachspezifischen (65 CP) und allgemeinbildenden (5 CP) Wahlbereich. Der Pflichtbereich beinhaltet Pflichtmodule im Umfang von 20 CP und die Master's Thesis (30 CP). In den Pflichtmodulen werden die grundlegenden Kernkompetenzen des Qualifikationsprofils vermittelt. Im fachspezifischen Wahlbereich können Module individuell und hinsichtlich des gewünschten Profils aus einem Katalog gewählt werden. Der allgemeinbildende Wahlbereich dient der Vermittlung überfachlicher Qualifikationen und trägt zur Persönlichkeitsentwicklung bei.

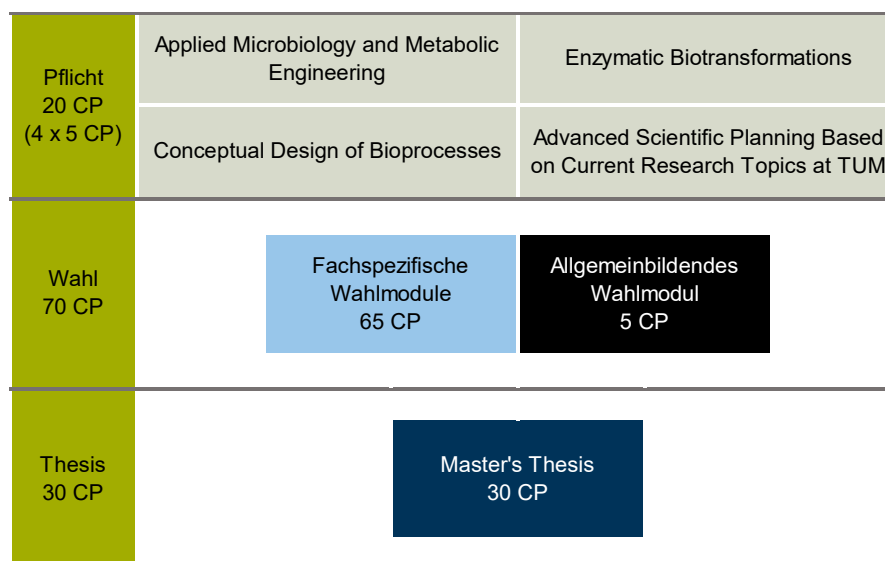


Abbildung 4: Aufbau des Masterstudiengangs Chemical Biotechnology aus Pflicht- und Wahlbereich und Master's Thesis.

Der Aufbau des Studiums ist in Abbildung 4 dargestellt.

In den Pflicht- und Wahlmodulen werden sowohl Vorlesungen als auch Übungen, Seminare, Praktika und Projektarbeiten angeboten.

In theoretischen Lehrformaten, wie Vorlesungen, werden praxisorientierte Problemlösestrategien durch die Einbindung von Fallbeispielen gefördert. Die Bereitstellung von selbständig zu bearbeitenden Arbeitsblättern in dazugehörigen Übungen schult selbstgesteuertes Lernen der Studierenden.

In Seminaren lernen die Studierenden, sich sach- und fachbezogen mit Kommilitonen auszutauschen. Der Schwerpunkt liegt auf der Beteiligung der Studierenden und der Förderung von Dialog und Debatte. In Diskussionen lernen sie, unterschiedliche Perspektiven zu integrieren und erlernte Inhalte richtig einzuordnen und kritisch zu beurteilen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Aufbau des Masterstudiengangs ist die enge Verknüpfung zwischen den theoretisch erworbenen Kenntnissen und der Umsetzung in die Praxis. So stellen einige Module aus dem Pflicht- und Wahlbereich durch einen Praktikums-Anteil einen direkten Bezug zur Laborpraxis her. Durch den Besuch der Praktika, die in der Regel in Gruppen durchgeführt werden, erwerben die Studierenden zudem die Fähigkeit, Problemstellungen im meist interdisziplinären Team zu lösen und eignen sich Kommunikationsfähigkeit und Teamgeist an. Sie können Konfliktpotentiale in einer Gruppe erkennen, diese mit geeigneten Methoden überwinden und somit einen zum Erfolg führenden Lösungsprozess entwickeln.

Durch die englischsprachige Ausrichtung des Studiengangs und seine dadurch internationale Studierendenschaft erwerben die Studierenden soziale Handlungskompetenzen für die Arbeit in interkulturellen Teams, die sie mit Souveränität agieren und auch interdisziplinäre Projekte zum Erfolg führen lassen.

Darüber hinaus besteht für die Studierenden die Möglichkeit, im Rahmen von studentischen Initiativen (z.B. durch Tätigkeiten in der Fachschaft, Green Office etc.) Engagement und Verantwortungsbewusstsein zu beweisen und Erfahrungen in der Projektkoordination zu sammeln. Die Teilnahme an TUM-weiten Vereinigungen und Arbeitsgruppen kann den Studierenden einen breiten Blick auf überfachliche Interessensfelder vermitteln.

6.1 Pflichtmodule (20 CP)

Es müssen 20 CP erfolgreich absolviert werden. In dieser Kategorie werden vertiefte Kenntnisse im Bereich Chemie, Mikro- und Molekularbiologie und Verfahrenstechnik vermittelt.

Durch das Pflichtmodul „Applied Microbiology and Metabolic Engineering“ vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse im Bereich der Mikro- und Molekularbiologie. Sie lernen, wie die enormen genetischen Ressourcen aus Bakterien, Pilzen oder Pflanzen, die für biotechnologische Anwendungen zur Verfügung stehen, effizient zugänglich gemacht werden und wie sie den Metabolismus der entsprechenden Produktionssysteme optimieren können.

In dem Modul „Enzymatic Biotransformations“ erweitern die Studierenden ihr Wissen im Bereich der Biokatalyse, welche die Basis für innovative und nachhaltige Synthesewege in der Chemie darstellt und lernen, Reaktionen mit enzymatischen Teilschritten nachhaltiger zu gestalten.

In der Verfahrenstechnik steht zentral das Pflichtmodul „Conceptual Design of Bioprocesses“. Aufbauend auf dem im Bachelor erworbenen Kompetenzen über verfahrenstechnische Grundoperationen (Fermenter, chemische Reaktoren, Stofftrennung, Downstreaming) lernen die Studierenden im Labor entwickelte biotechnologischen Prozesse in den technischen Maßstab zu skalieren und mit einer passgenauen Aufarbeitung auszustatten. Durch das Zusammenführen verschiedener Disziplinen von Adsorption bis Zeolithmembranen und die Kombination mit biologischen Herausforderungen wird ein deutlicher Kenntniszuwachs verglichen zum Bachelor erreicht.

Das Modul „Advanced scientific planning based on current research topics at TUM“ gibt den Studierenden einen Überblick über den aktuellen Wissensstand der biotechnologischen Forschungsschwerpunkte aus allen TUM-Standorten. Dadurch kommen die Studierenden frühzeitig mit vielfältigen Herangehensweisen in der Biotechnologie in Berührung und können Kontakte über die Grenzen des TUMCS hinaus knüpfen.

6.2 Wahlmodule (insgesamt 70 CP)

a) Fachspezifische Wahlmodule (65 CP)

Die Studierenden können in diesem Bereich, je nach Neigung und persönlicher Zielvorstellung, ihre Fachkompetenzen vertiefen. Der Wahlkatalog umfasst Veranstaltungen aus den Bereichen Chemie, Molekularbiologie und Verfahrenstechnik (disziplinär) sowie aus interdisziplinär angrenzenden Gebieten (z.B. den Materialwissenschaften und der Informationstechnik), die der individuellen Profilschärfung dienen. Hier wird auch die Möglichkeit gegeben, ein Forschungspraktikum an einem der Lehrstühle des TUMCS zu absolvieren oder innerhalb der Projektwoche mit Kommilitoninnen und Kommilitonen aus anderen Fachbereichen an interdisziplinären Projekten zu arbeiten. In Informationsveranstaltungen wie der Erstsemesterbegrüßung oder darüber hinaus bei Bedarf in individuellen Gesprächen im Rahmen der Studienberatung wird Hilfestellung zur Gestaltung des persönlichen Profils gegeben.

b) Allgemeinbildende Wahlmodule (5 CP)

Die Studierenden sollen sich überfachliche Qualifikationen anzueignen, da diese neben den Fachkompetenzen im späteren Arbeitsleben unabdingbar sind. Hier wird die Möglichkeit gegeben, sich mit gesellschaftspolitischen Fragestellungen zu befassen, Soft Skills zu entwickeln oder Sprachenkenntnisse zu erweitern. Die Module können in diesem Rahmen frei nach eigenen

Interessen und Bedürfnissen aus dem Angebot der TUM (z.B. Kontextlehre WTG, Plug-In Module aus der School Social Sciences and Technology) gewählt werden. Dadurch wird das Profil abgerundet und die Studierenden in die Lage versetzt, das eigene Handeln im Kontext gesellschaftlicher Fragestellungen zu betrachten und zu hinterfragen, und die hier erworbenen Kompetenzen praktisch einzusetzen und für ihr späteres Berufsfeld zu nutzen

6.3 Master's Thesis (30 CP)

Die Anfertigung der Master's Thesis (30 CP) erfolgt im Regelfall im 4. Semester. In dieser stellen die Studierenden ihre Fähigkeiten wissenschaftlichen Arbeitens und die erlernten Methoden und Konzepte der Biomassetechnologie an einer experimentellen Fragestellung unter Beweis. Sie müssen zeigen, dass sie sich einen komplexen Sachverhalt aus dem Themengebiet der Chemischen Biotechnologie eigeninitiativ und kompetent erarbeiten, praktisch umsetzen und wissenschaftlich auswerten können. Durch eine geeignete Themenwahl können die Studierenden ihre favorisierten Vertiefungen und somit ihr eigenes Profil entscheidend schärfen. Das Thema kann dabei auch in Zusammenarbeit mit einem Unternehmen aus der Praxis bearbeitet werden und ist in englischer Sprache zu verfassen.

6.4 Mobilitätsfenster

Durch die englischsprachige Ausrichtung des Studiengangs wird eine Internationalisierung erreicht. Für Aufenthalte an anderen Hochschulen ist vor allem das dritte Fachsemester geeignet. Der in diesem Semester geplante Wahlmodul-Block kann, nach Absprache mit der Studienkoordination, an anderen Universitäten relativ frei gewählt werden. Es bestehen unter anderem Kontakte zur Universität für Bodenkultur in Wien und, außerhalb Europas, im Rahmen der Global Bioeconomy Alliance zu Partneruniversitäten z.B. in Australien (University of Queensland).

6.5 Musterstudienplan

Der Musterstudienplan (Abbildung 4) stellt eine der vielen Möglichkeiten für Studierende dar sich ihren Studienplan zusammenzustellen.

Semester	Module						Credit Points/ Prüfungsanzahl
1.	Applied Microbiology and Metabolic Engineering (Pflicht) Klausur + Laborleistung 5 CP	Enzymatic Biotransformations (Pflicht) Klausur 5 CP	Conceptual Design of Bioprocesses (Pflicht) Klausur 5 CP	Research Internship (Wahl) Wissenschaftliche Ausarbeitung 15 CP			30/5
2.	Advanced Scientific Planning Based on Current Research Topics (Pflicht) Wissenschaftliche Ausarbeitung 5 CP	Protein-Based Materials for Technology (Wahl) Klausur 5 CP	Phytopharmaceuticals and Natural Products (Wahl) Klausur 5 CP	Biological Materials (Wahl) Klausur 5 CP	Artificial Intelligence of Biotechnology (Wahl) Prüfungsparcour 5 CP	Electrobiotechnology (Wahl) Klausur 5 CP	30/6
3.	Mobilitätsfenster Biorefinery (Wahl) Klausur 5 CP	Renewable Utilization (Wahl) Klausur 5 CP	Advanced Electrochemistry (Wahl) Klausur 5 CP	Production of Renewable Fuels (Wahl) Klausur 5 CP	Electrochemical Modelling (Wahl) Projektarbeit 5 CP	Scientific Working (Wahl) Klausur 5 CP	30/6
4.	Master's thesis 30 CP						30/1

Legende: hellgrau = Pflichtmodule, hellblau = Wahlmodule, schwarz = allgemeinbildendes Modul, dunkelblau = Abschlussarbeit / Praktikum

Abbildung 5: Exemplarische Darstellung eines Studienplans für den viersemestrigen Masterstudiengang Chemical Biotechnology.

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Organisatorisch und fachlich ist der Masterstudiengang Chemical Biotechnology dem TUMCS zugeordnet.

Der TUMCS bietet derzeit folgende Studiengänge an:

- B.Sc. Technologie biogener Rohstoffe
- B.Sc. Chemische Biotechnologie
- B.Sc. Sustainable Management and Technology (TUM School of Management)
- B.Sc. Bioökonomie
- B.Sc. Biogene Werkstoffe
- M.Sc. Technology of Biogenic Resources

- M.Sc. Chemical Biotechnology
- M.Sc. Bioeconomy
- M.Sc. Sustainable Management and Technology (TUM School of Management)
- M.Sc. Biomass Technology

Durch die vorgegebenen Qualifikationsziele und die divergenten Zielgruppen zwischen den einzelnen angebotenen Studiengängen wird ein Konkurrenzeffekt minimiert.

Für administrative Aspekte der Studienorganisation sind an der TUM teils die zentralen Arbeitsbereiche des TUM Center for Study and Teaching (TUM CST), teils Einrichtungen des TUMCS zuständig. Die administrativen Zuständigkeiten an der TUM sind in nachfolgender Liste dargestellt:

Die administrativen Zuständigkeiten an der TUM sind in nachfolgender Liste dargestellt:

- Allgemeine Studienberatung: zentral:
Studienberatung und -information (TUM CST)
E-Mailadresse: studium@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
bietet Informationen und Beratung für:
Studieninteressierte und Studierende
(über Hotline/Service Desk)
- Fachstudienberatung: Dr. Verena Schüller, Dr. Eva Rath, cbt@cs.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)9421 187 142
- Studierenden-Service CS: Elke Nothhaft, studentservice@cs.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)9421 187 147
- Beratung Auslandsaufenthalt/Internationalisierung:
zentral: TUM Global & Alumni Office
internationalcenter@tum.de

dezentral: Olivia Chia-Leeson
international@cs.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)9421 187 164
- Frauenbeauftragter: Prof. Dr. Hubert Röder, hubert.roeder@hswt.de
Telefonnummer: +49 (0)9421 187 260
- Beratung barrierefreies Studium: zentral: Servicestelle für behinderte und
chronisch kranke Studierende und
Studieninteressierte (TUM CST)
E-Mailadresse: Handicap@zv.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22737
- Bewerbung und Immatrikulation: zentral: Bewerbung und Immatrikulation
(TUM CST)
E-Mailadresse: studium@tum.de

Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
 Bewerbung, Immatrikulation,
 Student Card, Beurlaubung,
 Rückmeldung, Exmatrikulation

- Zulassungsverfahren: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)
- Beiträge und Stipendien: zentral: Beiträge und Stipendien (TUM CST)
 E-Mailadresse: beitragsmanagement@zv.tum.de
 Stipendien und Semesterbeiträge
- Zentrale Prüfungsangelegenheiten: Graduation Office and Academic Records
 (TUM CST), Campus Freising
 Abschlussdokumente, Prüfungsbescheide,
 Studienabschlussbescheinigungen
 Christine Yunos, Yunos@zv.tum.de
 Telefonnummer: +49 (0)8161 713 203
- Dezentrale Prüfungsverwaltung: Elke Nothhaft, Eva Held, Dr. Daniela Hutterer,
exams@cs.tum.de
 Telefonnummer: +49 (0)9421 187 147
- Prüfungsausschuss: Prof. Dr. Cordt Zollfrank, TUM (Vorsitzender)
 Dr. Daniela Hutterer, TUM (Schriftführerin)
- Qualitätsmanagement Studium und Lehre:
 - zentral: Studium und Lehre -
 Qualitätsmanagement (TUM CST)
www.lehren.tum.de/startseite/team-hrsl/
 - dezentral:
 Studiendekan: Prof. Dr. Cordt Zollfrank
cordt.zollfrank@tum.de
 Telefonnummer: +49 (0)9421 187 450
 - QM-Beauftragte, Organisation QM-Zirkel:
 Dr. Daniela Hutterer, Dr. Verena Schüller
qm@cs.tum.de
 Telefonnummer: +49 (0)9421 187-155/-142
 - Evaluationsbeauftragter:
 Andreas Niedermeier
evaluation@cs.tum.de
 Telefonnummer: +49 (0)9421 187 151

8 Entwicklungen im Studiengang

Im Jahr 2008 wurde am TUMCS (damals Wissenschaftszentrum Straubing) der Masterstudiengang Nachwachsende Rohstoffe ins Leben gerufen. Dieser wurde unter Mitwirkung weiterer fünf Hochschulen und in Kooperation mit der BOKU Wien als Double Degree geführt. Der Studiengang war zu dem Zeitpunkt noch an der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der TUM School of Life Sciences (ehemals Wissenschaftszentrum Weihenstephan) angesiedelt. Mit der Vergrößerung des Standorts Straubing 2017 zum vierten Campus der TUM und dem Wegfall von vier der fünf Hochschulen, wurde der Bereich der Forschung und Lehre im Bereich Biotechnologie, Werkstoffwissenschaft und Ökonomie am Standort stark vergrößert. Der Masterstudiengang Nachwachsende Rohstoffe wurde daraufhin organisatorisch dem TUMCS zugeschrieben und in einem weiteren Schritt in mehrere, spezialisierende Master aufgeteilt. Einer davon war der Master Chemical Biotechnology. Um den Masterstudiengang einer internationalen Zielgruppe zu öffnen, wurde die Studiengangssprache Englisch festgelegt.

Im Sommersemester 2020 startete die erste Kohorte des Masterstudiengangs Chemical Biotechnology. Im gleichen Jahr erfolgte die erste (Sammel-)Änderungssatzung zur Anpassung der Anzahl der prüfenden Kommissionsmitglieder. Im Jahr 2021 erfolgte die zweite Änderungssatzung. Hier wurde in der Anlage zum Eignungsverfahren das Wort „Kommission“ durch das Wort „Auswahlkommission“ ersetzt. Ein Jahr später, 2022, wurde das Eignungsverfahren in einer dritten Änderungssatzung komplett überarbeitet. So wurde unter anderem das Begründungsschreiben als Anlage für den Antrag auf Durchführung des Eignungsverfahrens gelöscht, um den Bewerbungsprozess zu beschleunigen. Für die Bewertung der fachlichen Qualifikation wurde die Punktzahl von 35 auf maximal 70 erhöht, wobei die Abschlussnote mit maximal 30 Punkten bewertet werden kann. Weiterhin wurde die Bewertungsskala für die Auswahlgespräche auf 0 bis 30 festgelegt. Dies diente der qualitativen Verbesserung der Überprüfung der fachlichen Eignung.

Im gleichen Jahr gab es eine vierte Änderungssatzung. Das Pflichtmodul „Artificial Intelligence for Biotechnology“ wurde in den Wahlbereich geschoben, da die meisten Studierenden die vorausgesetzten Programmierkenntnisse nicht mitbrachten und sich entsprechendes Wissen erst außercurriculär aneignen mussten. Ebenfalls vom Pflicht- in den Wahlbereich verschoben wurde das Forschungspraktikum, da bei steigenden Studierendenzahlen zukünftig nicht sichergestellt werden kann, dass jeder Studierende ein Forschungspraktikum absolvieren kann. Dies liegt an der Größe des Campus Straubing und an der begrenzten Anzahl an Professoren und Lehrstühlen, die Forschungsarbeiten betreuen können. Auch das Angebot des Wahlmodulbereichs wurde überarbeitet und den aktuellen Anforderungen angepasst. Es wurden ausschließlich fachspezifische Wahlmodule gelistet, die in englischer Sprache abgehalten werden können, da der Studiengang ausschließlich auf Englisch studierbar ist und im Wahlkatalog enthaltene, deutschsprachige Module regelmäßig zu Missverständnissen bei internationalen Studierenden geführt hatten. Zudem wurde in der Vergangenheit durch das Angebot an deutschsprachigen Modulen der Wahlbereich für internationale Studierende erheblich reduziert, was durch diese

Änderung behoben wurde. Aus der Studiengangsdokumentation des Studiengangs wurde die Nennung der Kooperation zwischen Straubing, Garching und Freising gelöscht. Im ursprünglichen Konzept sollte der Studiengang auf einem Zusammenschluss der drei genannten TUM Standorte fußen, die ihre jeweiligen Kompetenzen hauptsächlich im Wahlbereich des Curriculums abbilden. Praktisch gesehen liegen die Standorte jedoch zu weit auseinander, als dass es für die Studierende problemlos möglich wäre, zwischen den Campus zu wechseln. Das Angebot aus Freising und Garching nahmen nur vereinzelte Studierende wahr. Daher war die geplante Kooperation nicht in vollem Umfang durchführbar und wurde daher aus der Beschreibung des Studiengangs gestrichen. Weiterhin erfolgte die Löschung des Masterkolloquiums aus der FPSO und die Bewertung der Master's Thesis wurde damit an die anderen Masterstudiengänge des TUMCS angepasst. Der Masterstudiengang Chemical Biotechnology hatte als einziger Studiengang am TUMCS ein verpflichtendes Kolloquium integriert, was regelmäßig zu Verwirrungen auf Seiten der Prüfer geführt hat und Nachforderungen von Seiten des Dezentralen Prüfungsamts nötig waren. Natürlich darf /soll weiterhin ein Abschlussvortrag verlangt werden und auch in die Benotung einfließen. Dieser soll allerdings nicht mehr explizit in der FPSO aufgeführt werden. Dadurch kann der Prüfer selbst die Art, Dauer, Gewichtung, Zeitpunkt etc. des Vortrags festlegen. Es wurde in diesem Zuge auch der weiche Übergang abgeschafft. Dies geschah zur Anpassung an die Regelungen der FPSOs der anderen Studiengänge am TUMCS, da nur im Masterstudiengang Chemical Biotechnology die Unterlagen bis zu einem Jahr nach Studienbeginn eingereicht werden konnten. Bei der Sprachvoraussetzung Englisch wurde die FPSO ebenfalls an die Regelungen der anderen Studiengänge angepasst und auf Prüfungen im Umfang von 15 Credits vereinheitlicht. Ferner kann nun der Nachweis auch offiziell durch eine Sprachzertifizierung auf C1-Niveau des gemeinsamen Europäischen Rahmens im Umfang von min. 3 Credits erbracht werden. Es erfolgte ebenfalls eine Anpassung des Eignungsverfahrens. Als neues Bewerbungszeitraume für das Sommersemester wurde der 30.11. festgelegt und damit an die anderen Studiengänge des TUMCS angeglichen. In der zweiten Stufe des Eignungsverfahrens kann nun alternativ zu den Auswahlgesprächen ein schriftlicher online-Test (60 Min.) stattfinden. Diese Alternative wurde integriert, um hinsichtlich der stetig steigenden Bewerberzahl und den begrenzten Ressourcen auf Seiten der Professorenschaft eine Möglichkeit zu haben, auch mehrere hundert Bewerber zeitnah durch das Eignungsverfahren zu führen.