

Studiengangsdokumentation

Bachelorstudiengang

Chemische Biotechnologie

Teil A

TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit
Technische Universität München

Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)
- Bezeichnung: Chemische Biotechnologie
- Abschluss: Bachelor of Science (M.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 6 Fachsemester und 180 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: zulassungsfrei
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2017/2018
- Sprache: Deutsch/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: 08.03.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele.....	4
1.1	Zweck des Studiengangs	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs.....	5
2	Qualifikationsprofil.....	7
2.1	Wissen und Verstehen	7
2.2	Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen	8
2.3	Kommunikation und Kooperation	9
2.4	Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität.....	9
3	Zielgruppen	11
3.1	Adressatenkreis	11
3.2	Vorkenntnisse	11
3.3	Zielzahlen	11
4	Bedarfsanalyse	13
5	Wettbewerbsanalyse	15
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	15
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	16
6	Aufbau des Studiengangs	19
6.1	Grundlagen- und Orientierungsprüfung (20 CP).....	20
6.2	Weiterführende Grundlagen (15 CP)	21
6.3	Pflichtmodule aus dem Bereich Chemie (33 CP)	21
6.4	Pflichtmodule aus dem Bereich Biologie (38 CP).....	22
6.5	Pflichtmodule aus dem Bereich Verfahrenstechnik (35 CP)	23
6.6	Forschungspraktikum (10 CP)	24
6.7	Wahlmodule (19 CP)	24
6.8	Bachelor's Thesis (10 CP).....	25
6.9	Mobilitätsfenster	25
6.10	Musterstudienplan	26
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten.....	26
8	Entwicklungen im Studiengang	30

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 industrielle oder 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 Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder Abfallströme 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. Durch den Ersatz konventioneller industrieller Prozesse durch biotechnologische Prozesse können sowohl Energiebedarf als auch der fossile Rohstoffeinsatz minimiert sowie die Anzahl der Prozessstufen reduziert werden.

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 viel Raum für Interpretation lässt und die Entwicklung geeigneter Kriterien und Indikatoren aufwändige fachliche Diskussions- und Abstimmungsprozesse erfordert, braucht man

Experten mit interdisziplinären Kompetenzen auf den Gebieten der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Durch die erworbenen biotechnologischen Fähigkeiten und ihre Innovationsbereitschaft sind diese Fachkräfte Vorreiter bei der Entwicklung von nachhaltigen Produktionsverfahren und Technologien.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie 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 Bachelorstudiengänge am TUMCS angeboten:

- B.Sc. Chemische Biotechnologie
- B.Sc. Biogene Werkstoffe
- B.Sc. Bioökonomie
- B.Sc. TUM-BWL mit Schwerpunkt Nachwachsende Rohstoffe (auslaufend)
- B.Sc. Sustainable Management and Technology
- B.Sc. Technologie biogener Rohstoffe / B.Sc. Nachwachsende Rohstoffe (auslaufend)

Diese, thematisch voneinander abgegrenzten Studiengänge, ermöglichen eine Spezialisierung in den Kernthemen der Nachhaltigkeit (Materialwissenschaften, Betriebs- und Volkswirtschaft, Verfahrenstechnik, Biotechnik, Chemie und Molekularbiologie). Die zukünftig noch stärkere 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.

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

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Bachelorstudiengangs kennen die Absolventen/Absolventinnen die Grundlagen aus den Bereichen Mathematik, Statistik, Bioinformatik, Physik, Mikro- und Molekularbiologie, organisch- und analytische Chemie sowie Biochemie.

Absolventen/Absolventinnen des Studiengangs verfügen über fundierte sowie teilweise bereits vertiefte Kenntnisse der chemischen Biotechnologie. Beispielsweise kennen sie Enzyme und deren Anwendungen in der Enzymtechnologie bei deren Einsatz in biobasierten Produktionsprozessen. Sie wissen um die biochemischen Leistungsmöglichkeiten von einzelligen Organismen und Systemen sowie deren Genetic Engineering und beherrschen die fundamentalen Prinzipien der Modellierung und Simulation chemischer Reaktionen und biologischer Prozesse.

Neben der fundierten naturwissenschaftlichen Ausbildung besitzen die Absolventen/Absolventinnen auch vertiefende Kenntnisse über die Technik von Bioprozessen. Sie kennen und verstehen (bio-)verfahrenstechnische Grundoperationen (insbesondere aus den chemischen, thermischen und mechanischen Bereichen) und deren konkrete Anwendung in der biotechnologischen Produktion. Sie kennen und verstehen die Grundlagen der chemischen Thermodynamik (z.B. Hauptsätze, Energieformen, chemische Reaktionen, Grenzflächenphänomene etc.). Sie wissen, welche Auswirkungen eine Veränderung des technischen Systems (z.B. durch einen Scale-up Prozess) auf das biologische System haben kann und wie man diesen begegnet. Sie verstehen, wie eine chemische, physikalische oder mechanische Umwandlung ausgelegt und berechnet werden kann und kennen außerdem die dafür nötigen Prozessschritte.

Durch die Arbeit in zahlreichen Praktika im Labor haben sich die Absolventen/Absolventinnen die für das Berufsfeld der chemischen Biotechnologie notwendigen methodischen und handwerklichen Kompetenzen angeeignet. Sie verfügen 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. Die Absolventen/Absolventinnen haben Kenntnis über physikalisch-chemische Charakterisierungsmethoden (wie z.B. Spektroskopie, Chromatographie, optische/elektrische/magnetische Messungen etc.), deren grundlegenden Messprinzipien und den Aufbau der Analysegeräte. 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. Absolventen/Absolventinnen des Studiengangs sind ebenfalls mit den Grundprinzipien einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Produktion und Verarbeitung von Chemikalien vertraut.

2.2 Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen

Die Absolventen/Absolventinnen können die biologischen, chemischen und physikalischen Grundlagen erklären und in weiterführenden Gebieten sicher anwenden. Sie beherrschen mathematische und naturwissenschaftliche Methoden um verschiedenste Bioprozesse zu beschreiben, zu berechnen und auf individuelle Anforderungen abzustimmen. Zusätzlich können die Studierenden die Grenzen der mathematischen Berechnung von Bioprozessen erfassen und sind in der Lage, komplexe Problemstellungen unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen in analytisch lösbare Fälle zu vereinfachen. Sie können die in der Verfahrenstechnik, dem Chemie- und Bioingenieurwesen auftretenden grundlegenden Phänomene erläutern. Sie haben während des Studiums eine ganzheitliche Problemlösungskompetenz erworben, um Synthesprobleme unter ausgewogener Berücksichtigung technischer, ökonomischer, ökologischer, gesellschaftlicher und ethischer Randbedingungen erfolgreich bearbeiten zu können.

Die Absolventen/ Absolventinnen sind in der Lage einzelne verfahrenstechnische Grundoperationen zu analysieren und zu gestalten, um gewünschte Produkte zu generieren. Durch deren Kombination können sie ganze Prozessketten der chemischen Biotechnologie entwerfen. Zur Verfahrensoptimierung sind die Absolventen/Absolventinnen in der Lage, biotechnologische Verfahren und Prozesse zu analysieren und anpassen zu können.

Die Studierenden sind mit dem Arbeiten in chemischen und mikro- und molekularbiologischen Laboratorien vertraut. Die Studenten können chemische und mikro- und molekularbiologische Versuche korrekt vorbereiten und aufbauen, durchführen, protokollieren, das erhaltene Ergebnis analysieren, kritisch hinterfragen, auf Plausibilität überprüfen sowie mögliche Fehlerquellen benennen. Sie praktizieren einen sicheren und sterilen Umgang mit mikrobiellen Systemen und gentechnisch veränderten Mikroorganismen. Sie sind in der Lage, korrekte Reaktionsgleichungen zu formulieren und durchzuführen, und experimentell thermodynamische und kinetische Aspekte von chemischen Reaktionen zu bestimmen. Das Wissen über chemische Umsetzungen und über das Reaktionsverhalten organischer Verbindungen und Substanzgruppen können sie auf neue

Fragestellungen anwenden. Sie sind in der Lage, für vorgegebene chemische Reaktionen geeignete Reaktionsführungen anzuwenden und für gängige Reaktionstypen kinetische Berechnungen durchzuführen sowie Parameter, wie Verweilzeitverhalten und Wärmebedarf der Reaktoren, zu berechnen. Zudem können Studierenden nach dem Abschluss entsprechende physikalisch-chemische Analysemethoden für zugrundeliegende praktische Fragestellungen auswählen und diese bedarfsgerecht anzuwenden. Die Studierenden können auf Basis des erworbenen Wissens die damit erhaltenen Messergebnisse kompetent analysieren. Die Studierenden sind in der Lage, basierend auf diesem Verständnis ein- und mehrstufige enzymatische Prozesse zu designen und mit Hilfe von thermodynamischen und kinetischen Reaktionsdaten zu bewerten.

Absolventen/Absolventinnen des Studiengangs können chemische Produkte im Hinblick auf ihre biologische Abbaubarkeit, Emissionsfähigkeit, der Verringerung der Abfallproduktion und der Möglichkeit der Verwendung von Rohstoffen aus erneuerbaren Energiequellen bewerten und entsprechende Strategien entwickeln. Sie verfügen auch über das Wissen, um Produktionsprozesse nachhaltiger zu gestalten.

2.3 Kommunikation und Kooperation

Die Absolventen/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

Die Absolventen/Absolventinnen des Studiengangs Chemische Biotechnologie sind sich ihrer gesamtgesellschaftlichen und sozialen Verantwortung bewusst und in der Lage, ihr Handeln kritisch zu reflektieren. Sie haben verinnerlicht, was ethisches, verantwortliches und nachhaltiges Handeln in diesem Industriezweig bedeutet.

Nach Abschluss des Studiums können die Studierenden unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse Forschungsfragen formulieren, Forschungsprojekte konzipieren und bearbeiten, sowie Forschungsergebnisse auswerten. Sie haben exemplarisch ausgewählte Technologiefelder kennengelernt und die Brücke zwischen ingenieur- und naturwissenschaftlichen Grundlagen sowie berufsfeldbezogenen Anwendungen geschlagen. Dadurch und durch die intensive Vermittlung von praktisch-methodisch und analytischen Fähigkeiten sowie sozialen Kompetenzen ist der

Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie für die Studierenden zunächst ein berufsqualifizierender Abschluss.

Sie haben die Fähigkeit, Experimente selbstständig durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren und unter Anleitung in neue biotechnologische Aufgabenstellungen und biotechnologische Phänomene mit Forschungsrelevanz einzuarbeiten und diese, dem aktuellen Stand der Wissenschaft entsprechend, mit fachlicher und methodischer Plausibilität zu bearbeiten. Sie handeln nach den Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis und unter Beachtung diverser Sicherheitsrichtlinien und rechtlicher Vorgaben. Sie sind durch die studienbegleitende praktische Ausbildung auf die unbedingt erforderliche Sozialisierungsfähigkeit im betrieblichen Umfeld vorbereitet. Sie haben exemplarisch außerfachliche Qualifikationen erworben und sind damit für die nichttechnischen Anforderungen einer beruflichen Tätigkeit sensibilisiert.

Die Absolventen/Absolventinnen sind in der Lage, ein berufliches Selbstbild zu kreieren und dieses durch eine gezielte Schärfung des eigenen Profils mit Hilfe des fachspezifischen Wahlbereichs zu entwickeln. Sie haben ein Gefühl für die fachlichen Bedürfnisse und Herausforderungen der Industrie und können ihr Kompetenzprofil auf die entsprechenden Tätigkeitsfelder ausbauen.

3 Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Der Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie richtet sich an motivierte, inländische und ausländische Interessenten mit Hochschulzugangsberechtigung, die am zukünftigen Mitwirken in der biotechnologischen Forschung und Entwicklung im akademischen oder industriellen Bereich interessiert sind. Sie sollten eine hohe Affinität zu naturwissenschaftlichen Fächern mitbringen sowie großes Interesse an technischen Sachverhalten aufweisen. Ein ausgeprägtes Interesse an chemischen und biologischen Vorgängen und eine praktische Neigung im Umgang mit Substanzen und Laborinstrumenten werden vorausgesetzt. Zukünftige Chemische Biotechnologen sollten willens sein, fachübergreifend im Team zu arbeiten und interdisziplinär zu agieren. Die Bereitschaft, unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung zu handeln, ergänzt das Anforderungsprofil.

3.2 Vorkenntnisse

Der Zugang zum Studium muss durch die allgemeine Hochschulreife bzw. ausländische Hochschulzugangsberechtigung nachgewiesen werden. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Schwerpunkt der schulischen Ausbildung im naturwissenschaftlichen Bereich lag. Potentielle Bachelorstudierende sollten sowohl handwerkliches Geschick als auch Freude an experimenteller praktischer Arbeit im Labor, inklusive der dafür notwendigen Ausdauer mit ins Studium bringen.

Da die meisten Vorlesungen in deutscher Sprache abgehalten werden, werden Studieninteressierte angesprochen, die über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen. Ausländische Studierende müssen ein von der TUM anerkanntes Sprachenzertifikat zusammen mit allen anderen Dokumenten innerhalb der Bewerbungsfrist einreichen. Darüber hinaus sollten gute Kenntnisse der englischen Sprache vorhanden sein. Sie befähigen den Studierenden/die Studierende, sowohl den in englischer Sprache gehaltenen Vorlesungen zu folgen als auch die oft englischsprachige Fachliteratur zu verstehen sowie wissenschaftliche Themen in englischer Sprache zu diskutieren. Studierende mit Defiziten in diesem Bereich können im Rahmen des Wahlprogramms ihre Englischkenntnisse verbessern.

3.3 Zielzahlen

Der TUM Campus Straubing strebt im Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie eine mittlere Anfängerzahl von 50 Studierenden pro Wintersemester an. Eine Grundlagen- und Orientierungsprüfung im ersten Studienjahr hilft den Studierenden, bereits nach kurzer Zeit ihre eigene Eignung für den gewählten Studiengang festzustellen.

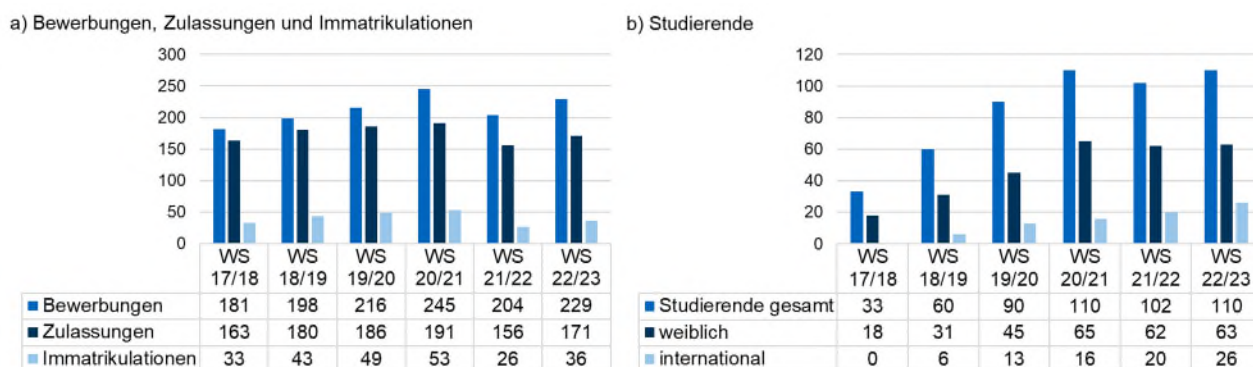


Abbildung 1: a) Entwicklung der Bewerber-, Zulassungs- und Immatrikulationszahlen 2017 – 2023 im Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie. b) Entwicklung der Studierendenzahlen 2017 – 2023 mit Anzahl weiblicher und internationaler Studierender. WS = Wintersemester

Abbildung 1 a) zeigt die Zahlen der Bewerbungen, Zulassungen und Immatrikulationen seit Beginn des Studiengangs 2017 bis 2023 für die jeweiligen Wintersemester. Ein Beginn zum Sommersemester ist nur in einem höheren Fachsemester möglich. Da der Studiengang nicht zulassungsbeschränkt ist, erhalten alle formal korrekten Bewerbungen eine Zulassung zum Studiengang. Die Anzahl an Zulassungen stieg in den ersten vier Jahren um rund 17 % auf 191 und liegt, nach einem leichten Rückgang zum WS 21/22 auf 156, nun wieder bei 171 Zulassungen zum WS22/23. Der zwischenzeitliche Rückgang könnte auf die besonderen Studienbedingungen während der Pandemie zurückzuführen sein. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in der Anzahl an Immatrikulationen wieder bei einem Durchschnitt von 40 Studienanfängern pro Jahr. Die Anzahl an internationalen Bewerber/Bewerberinnen steigt kontinuierlich, von 18% zum WS 17/18 auf 44% zum WS 22/23, obwohl die Unterrichtssprache im Studiengang vorwiegend Deutsch ist. In Abbildung 1 b) ist die Entwicklung der Studierendenzahlen im Zeitraum zwischen 2017 bis 2023 abgebildet. Wie zu erwarten ist ein kontinuierlicher Anstieg in den Jahren bis 2020 zu erkennen, bevor die ersten Absolventen/Absolventinnen nach einer Regelstudienzeit von drei Jahren das Studium erfolgreich abschließen und sich die Studierendenzahlen auf einer relativ konstanten Anzahl von etwa 110 Studierenden einpendeln. Die Diskrepanz aus Summe der Immatrikulationen und Studierendenzahlen in den Jahren bis 2020 ergibt sich durch die Anzahl an Studienabbrechenden, die v.a. durch das Nichtbestehen der Grund- und Orientierungsprüfungen spätestens nach dem dritten Fachsemester exmatrikuliert werden. Berücksichtigt man die Anzahl der erfolgreichen Studienabsolventen/Studienabsolventinnen ab 2020, so ergibt sich eine durchschnittliche Abbruchquote von 23%. Durch die Grund- und Orientierungsprüfungen findet eine bewusste Auswahl der geeigneten, besonders leistungsfähigen und motivierten Studierenden in der ersten Studienhälfte statt. Der Anteil an weiblichen Studierenden ist durchgehend hoch und liegt bei durchschnittlich 56%. Ebenso wie schon bei den Bewerberzahlen ist der überproportionale Anstieg der internationalen Studierendenzahlen im deutschsprachigen Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie auffallend. So entwickelte sich in den sechs Jahren der Anteil an Bildungsausländern kontinuierlich auf 24%.

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. 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 Wissenschaftler 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 Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie ist eine ideale Antwort auf den steigenden Bedarf an Technikern/ Wissenschaftlern und dem für sie geltenden Anforderungsprofil im Bereich der chemischen Industrie, um deren Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit voranzutreiben. Die Absolventen/Absolventinnen können in der chemischen Industrie als Techniker oder im Bereich der universitären und außeruniversitären

Forschungseinrichtungen und Behörden arbeiten. Durch ihren Abschluss sind sie aber v.a. für ein weiterführendes Masterstudium mit einem ähnlichen interdisziplinären Profil bestens qualifiziert.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Ein gleichnamiger Bachelorstudiengang wird zurzeit im deutschsprachigen Raum nicht angeboten. Untersucht man deutschlandweit, welche Universitäten einen vergleichbaren Bachelorstudiengang mit Elementen aus der Molekularen Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik anbieten, so ergibt sich folgende Liste:

Name des Bachelorstudiengangs	Universität
Biotechnologie	TU Braunschweig
Biotechnologie	BTU Cottbus-Senftenberg
Biotechnologie	TU Berlin
Chemistry and Biotechnology	Constructor University Bremen
Bioingenieurwesen	TU Dortmund
Bioingenieurwesen (B.Eng.)	Karlsruher Institut für Technologie
Chemie- und Bioingenieurwesen	TU Hamburg
Chemie- und Bioingenieurwesen	Universität Stuttgart
Chemie- und Bioingenieurwesen	FAU Erlangen-Nürnberg
Bio- und Chemieingenieurwissenschaften	TU Kaiserslautern
Bio-, Chemie und Pharmaingenieurwesen	TU Braunschweig
Chemical Engineering (Nachhaltige Chemische Technologien)	FAU Erlangen-Nürnberg
Biotechnische Chemie	TU Ilmenau
Biosystemtechnik	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Die Studiengänge „Biotechnologie“ an den Universitäten TU Braunschweig, BTU Cottbus-Senftenberg und TU Berlin setzen verschiedene Schwerpunkte in den Bereichen Biologie (TU Braunschweig und BTU Cottbus-Senftenberg) und Ingenieurwissenschaften (TU Berlin) bei einem gleich gewichteten Anteil Chemie. Die ungleiche Gewichtung der Bereiche Biologie – Chemie – Verfahrenstechnik zeigt sich auch in den anderen gelisteten Studiengängen. Einen deutlichen Fokus auf die Ingenieurwissenschaften im Pflichtmodulbereich legen die Bachelorstudiengänge „Chemie- und Bioingenieurwesen“ der FAU Erlangen-Nürnberg, der Universität Stuttgart und der TU Hamburg. Der Bereich Biologie umfasst nur wenige Pflichtmodule bzw. sind diese optional in den höheren Semestern als Vertiefung wählbar. Eine ähnliche Verteilung der Pflichtmodule zeigt sich in den Studiengängen „Bio- und Chemieingenieurwissenschaften“ der TU Kaiserslautern und „Bioingenieurwesen“ an der TU Dortmund sowie am Karlsruher Institut für Technologie, dessen Schwerpunktsetzung sich im Abschluss „Bachelor of Engineering“ widerspiegelt. An der TU

Braunschweig ist der Studiengang „Bio-, Chemie- und Pharmaingenieurwesen“ an der Fakultät Maschinenbau verortet, was die ingenieurwissenschaftliche Ausrichtung zeigt. Ab dem vierten Semester findet dort, nach einem überwiegend chemisch-verfahrenstechnischen Grundlagenstudium, eine Vertiefung in einem der Bereiche Bio-, Chemie- oder Pharmaingenieurwesen statt. Einen ausgeglichenen biologisch-verfahrenstechnischen Anteil bei einem geringeren Chemieanteil bietet der Studiengang „Biosystemtechnik“ an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Im Gegenteil dazu liegt bei den Studiengängen „Biotechnische Chemie“ (TU Ilmenau) und „Chemistry and Biotechnology“ (engl. / Constructor University Bremen) der Schwerpunkt eindeutig bei der Chemie. Das Thema „Nachhaltigkeit“ wird in einem Großteil der Studiengangsbeschreibungen zwar erwähnt, ist aber nicht in speziellen Modulen abgebildet. Einzig der Studiengang „Chemical Engineering – Nachhaltige Chemische Technologien“ (FAU Erlangen-Nürnberg) setzt explizit durch die drei fortlaufenden Pflichtmodule „Nachhaltige Chemische Technologien 1-2-3 (Rohstoffe – Verfahren – Katalysatoren und Funktionsmaterialien)“ einen sichtbaren Schwerpunkt. Eine Ausbildung im biologischen Bereich ist in diesem Studiengang nicht enthalten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der Bachelorstudiengang „Chemische Biotechnologie“ am TUM CS durch seine paritätische Gewichtung der Bereiche (Molekular-) Biologie – Chemie – Verfahrenstechnik bei einem im Curriculum abgebildeten Fokus auf dem Thema Nachhaltigkeit von den anderen Studiengängen an deutschen Universitäten abhebt.

Auch auf internationaler Ebene zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Hier wird die Interdisziplinarität meist durch kombinierte Bachelor-Studiengänge (z.B. Chemical Engineering (Honours)/ Biotechnology) erreicht. Des Weiteren sind ähnlich zum Studiengang Chemische Biotechnologie folgende, interdisziplinär ausgerichtete Bachelorstudiengänge zu finden: der Studiengang Chemical Engineering and Biotechnology an der Aalborg Universität in Dänemark, der Studiengang Chemical and Biological Engineering an der Universität von Waikato (Neuseeland) sowie der Studiengang Chemical Biotechnology an der Universität von Queensland in Australien. Mit letzterer Universität bestehen im Rahmen des Studiengangs Kooperationen in Form eines Studierendenaustauschs.

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

An der TU München existieren im Bereich der Molekularen Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik folgende Bachelor-Studiengänge:

Name des Bachelorstudiengangs	School
Biochemie	School of Natural Sciences
Brauwesen und Getränketechnologie	School of Life Sciences
Chemieingenieurwesen	School of Natural Sciences
Lebensmittelchemie	School of Natural Sciences
Life Sciences Biologie	School of Life Sciences

Molekulare Biotechnologie	School of Life Sciences
Pharmazeutische Bioprozesstechnik	School of Life Sciences
Lebensmitteltechnologie	School of Life Sciences

Diese an der TU München angebotenen Bachelorstudiengänge lassen sich wie in Abbildung 2 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 Bachelorstudiengängen ab. Eine entscheidende Rolle spielen zudem die Standorte. Der Bachelorstudiengang 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.

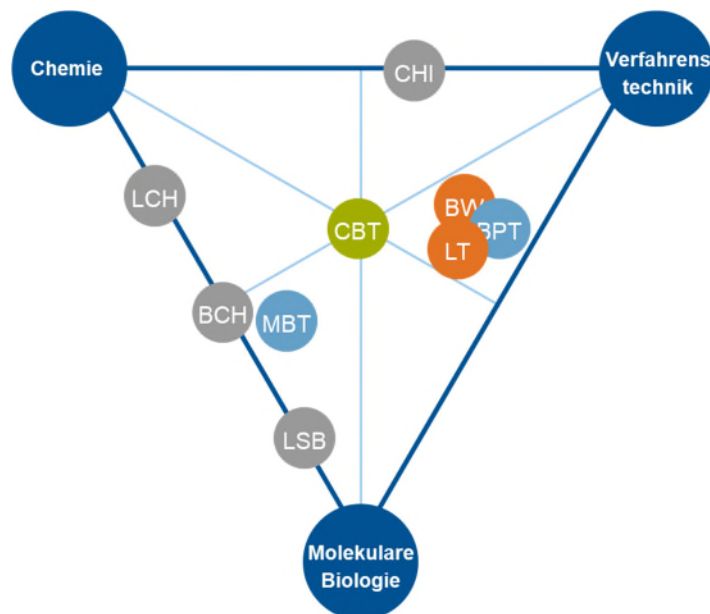


Abbildung 2: Bachelorstudiengänge an der TU München im Bereich Chemie – Verfahrenstechnik – molekulare Biologie: CBT: Chemische Biotechnologie; BCH: Biochemie, LCH: Lebensmittelchemie, CHI: Chemie-Ingenieurwesen; BW: Brauwesen und Getränketechnologie; LT: Lebensmitteltechnologie; BPT: Pharmazeutische Bioprozesstechnik; LSB: Life Science Biologie; MBT: Molekulare Biotechnologie

Zur TUM School of Natural Science gehören die Bachelorstudiengänge „Chemie-Ingenieurwesen“, „Biochemie“ und „Lebensmittelchemie“ die einen zentralen Fokus auf die Ausbildung im Bereich Chemie legen. Wie die Studiengangsbezeichnungen bereits implizieren, setzt Chemie-Ingenieurwesen einen weiteren ingenieurwissenschaftlichen, Biochemie einen molekularbiologischen und Lebensmittelchemie einen lebensmittelanalytischen Schwerpunkt.

Vergleichbar lassen sich die Bachelorstudiengänge an der TUM School of Life Sciences mit einer molekularbiologischen Vertiefung einordnen: die verfahrenstechnischen Bachelorstudiengänge „Brauwesen und Getränketechnologie“, „Lebensmitteltechnologie“ und „Pharmazeutische Bioprozesstechnik“ unterscheiden sich klar durch brautechnologische, lebensmitteltechnologische (industrielle Lebensmittelherstellung, Lebensmittelqualitätsanalyse, Produktentwicklung, Verpackungstechnik) und pharmazeutisch-industrielle Spezialisierungen. Das gesamte Gebiet der Biologie umspannt der Bachelorstudiengang „Life Science Biologie“, in dem neben der Molekularbiologie Felder wie Ökologie, Evolution, Biodiversität, Entwicklungsbiologie, Phytopathologie und Limnologie abgedeckt werden. Der Bachelorstudiengang „Molekulare Biotechnologie“ an der TUM School of Life Science ist in einigen Grundlagenmodulen einerseits vergleichbar mit dem Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie, richtet seinen Fokus aber klar auf die sogenannte Rote Biotechnologie. Das Curriculum zielt auf Inhalte der molekularen Medizin, wie beispielsweise Physiologie, Herausforderungen der Biomedizin oder Immunologische Prozesse.

Durch diese interdisziplinäre Struktur der Bachelorstudiengänge an der TU München und die hohe Forschungsdichte in den Bereichen Chemie – Verfahrenstechnik – Molekulare Biologie ergänzt sich das Studienangebot in idealer Weise.

6 Aufbau des Studiengangs

Formaler Aufbau

Der Aufbau des Studiengangs orientiert sich an den Empfehlungen für grundständige Studiengänge Biotechnologie (Vorstandskommission „Ausbildung in der Biotechnologie“ 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, beinhaltet der Studiengang auch einen eigenständigen Themenbereich Verfahrenstechnik.

Der Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie ist ein Vollzeitstudiengang, der inklusive Bachelorarbeit sechs Semester Regelstudienzeit und 180 Credit Points (CP) umfasst. Der Studienbeginn erfolgt generell zum Wintersemester. Wie in Abbildung 3 dargestellt, umfasst der Studienplan Pflichtmodule im Umfang von 151 CP, welche die notwendigen Fachkompetenzen der Chemie, der Biologie und der Verfahrenstechnik vermitteln. Praktische Vertiefung erfahren diese Inhalte in einem Forschungspraktikum im Umfang von 10 CP als Teil des Pflichtbereichs. Der Wahlbereich umfasst 19 CP. Hier können die Studierenden fachspezifische Module im Umfang von 16 CP aus den Bereichen nach persönlicher Neigung und Interesse wählen und sich damit ein individuelles Profil aufbauen. Diese werden durch ein Wahlmodul im Umfang von mindestens 3 CP im Bereich der allgemeinbildenden Grundlagen ergänzt, das zur Persönlichkeitsentwicklung und der Ausbildung von sozialen Kompetenzen beiträgt. Darüber hinaus wird von den Studierenden eine Bachelor's Thesis (10 CP) angefertigt, deren Bewertung in die Abschlussnote eingeht. Nach bestandener Bachelorprüfung wird der akademische Grad „Bachelor of Science“ („B.Sc.“) verliehen.

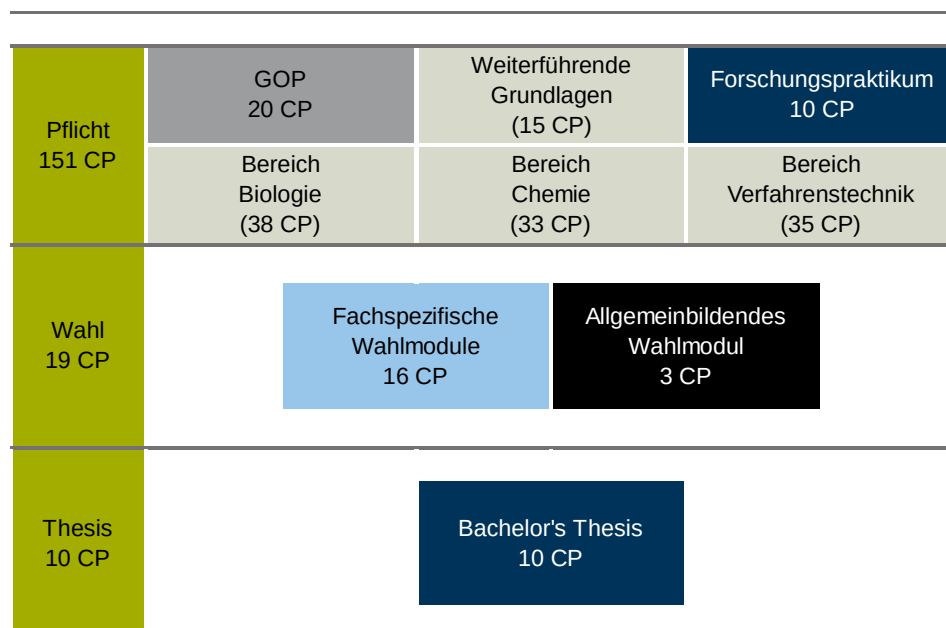


Abbildung 3: Aufbau des Bachelorstudiengangs Chemische Biotechnologie

In den zu absolvierenden Modulen 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. Durch den Besuch von Praktika, die in der Regel in Gruppen durchgeführt werden, erwerben die Studierenden 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.

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.

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 Grundlagen- und Orientierungsprüfung (20 CP)

Die Grundlagen- und Orientierungsprüfung (GOP) ersetzt im Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie das Eignungsfeststellungsverfahren. Die Lehrveranstaltungen der GOPs vermitteln notwendige naturwissenschaftliche Kenntnisse und stellen sicher, dass alle Studierenden am Ende des zweiten Semesters in der Lage sind, den spezialisierten Modulen zu folgen, ungeachtet ihrer schulischen Vorbildung in diesen Bereichen. Zudem sollen die Studierenden in diesen Grundlagenmodulen feststellen, ob sie für den Studiengang Chemische Biotechnologie geeignet sind. Alle GOPs müssen zum vorgesehenen Zeitpunkt angetreten werden und dürfen nur einmal wiederholt werden.

Die GOP umfasst folgende Module:

- Allgemeine Chemie
- Organic Chemistry
- Physics

- Höhere Mathematik 1

Im Modul **Allgemeine Chemie** werden den Studierenden die Grundlagen der anorganischen und physikalischen Chemie und Elektrochemie vermittelt. Die Studierenden lernen den Aufbau von Atomen und Molekülen sowie die Struktur von Verbindungen und ausgewählte Reaktionen kennen. In dem darauf aufbauenden Modul **Organic Chemistry** werden die korrekte Nomenklatur und Struktur organischer Verbindungen, wichtige Funktionelle Gruppen sowie ausgewählte Reaktionen wichtiger Stoffgruppen einschließlich zentraler Naturstoffe behandelt. Diese Kenntnisse sind grundlegend für das spätere Verständnis und die Bewertung biochemischer und molekularbiologischer Sachverhalte.

Die Module **Höhere Mathematik 1** und **Physics** legen die Grundlagen für die später folgenden ingenieurwissenschaftlichen Module. Die Schwerpunkte in Physics liegen dabei auf der grundlegenden Mechanik, der Elektrotechnik, der Wärmelehre und der Optik, und sind damit Ausgangspunkt energietechnischer und thermodynamischer Betrachtungen. Die Höhere Mathematik vermittelt die Grundbegriffe und wesentlichen Methoden der eindimensionalen Analysis und der linearen Algebra und stellt damit das mathematische Handwerkszeug für die Ingenieurwissenschaften und die Thermodynamik bereit. Im Rahmen der Übungen wird ihre Anwendung an konkreten Fallbeispielen mit Nachhaltigkeitsbezug eingeübt.

6.2 Weiterführende Grundlagen (15 CP)

Die Module **Höhere Mathematik 2** und **Statistics** liefern weiterführende mathematischen Grundlagen und Methoden, die im ingenieurwissenschaftlichen Bereich erforderlich sind. Im Modul **Foundations of Programming** werden grundlegende Konzepte des Programmierens vorgestellt und die Studierenden in die Skriptsprache Python eingeführt.

6.3 Pflichtmodule aus dem Bereich Chemie (33 CP)

Zu den GOPs Allgemeine Chemie und Organic Chemistry finden zeitgleich in den ersten beiden Semestern das entsprechenden **Praktikum Allgemeine Chemie** und **Practical Course Organic Chemistry** statt. In diesen Praktika eignen sich die Studierenden die zu den erworbenen theoretischen Fachkompetenzen komplementären praktischen Fähigkeiten bei der Durchführung chemische Reaktionen an. Sie werden mit dem Arbeiten in chemischen Laboratorien vertraut und durch die Transferleistung zwischen Fachwissen und Anwendung auf zukünftige, fortführende Forschungstätigkeiten vorbereitet.

Im zweiten Semester besuchen die Studierenden ebenfalls das Modul **Physikalische Chemie** und lernen dort die Grundlagen der chemischen Thermodynamik (u.a. Hauptsätze, Energieformen,

Formelzusammenhänge etc.) kennen, die Voraussetzung für das Verständnis später gelehrter verfahrenstechnischer Operationen sind.

Im dritten Semester folgt das Modul **Instrumentelle Analytik und Spektroskopie**, in welchem die Studierenden einzelne physikalisch-chemische Charakterisierungsmethoden (z.B. Spektroskopie, Chromatographie, optische/elektrische/magnetische Messungen), deren grundlegende Messprinzipien und den Aufbau der entsprechenden Analysegeräte kennenlernen. Sie erlernen ebenfalls den Umgang mit erhaltenen Messergebnissen.

Die in der Vorlesung Organic Chemistry gewonnen Kompetenzen werden im Modul **Organische Chemie für Fortgeschrittene** erweitert um Anwendungsgebiete in der petrochemischen Industrie und prozessbezogene Reaktionen.

Den Bogen zum Bereich Nachhaltigkeit spannt das Modul **Green Chemistry**. Die Studierenden werden hier mit den 12 Grundprinzipien der Nachhaltigen Chemie für eine umweltfreundliche und nachhaltige Produktion von Chemikalien vertraut. Sie lernen Produktionsprozesse im Hinblick auf Nachhaltigkeit selbständig zu analysieren und zu optimieren.

6.4 Pflichtmodule aus dem Bereich Biologie (38 CP)

Das Modul **Zell- und Mikrobiologie** im ersten Semester bildet die Grundlage für alle weiterführenden Veranstaltungen im Kompetenzbereich Biologie. In diesem Modul erlangen die Studierenden Kenntnisse über den strukturellen Aufbau von Zellen und die Systematik am Beispiel für ihre Studienrichtung relevanter Nutzorganismen (z.B. *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*). Sie erhalten erste Einblicke in die Grundlagen der molekularen Genetik und der Nutzung von Mikroorganismen in der industriellen Biotechnologie. Im zweiten Semester besuchen die Studierenden das dazugehörige **Praktikum Mikrobiologie** und lernen dort mikrobiologische Arbeitstechniken (Mikroskopie, Keimzahlbestimmung, Analyse des Wachstumsverhaltens etc.) in den Grundzügen anzuwenden. Sie lernen steriles Arbeiten und Laborexperimente korrekt zu protokollieren und anhand der theoretischen Hintergründe auszuwerten und zu analysieren. Für die Nutzung der Methoden und der Technik wird auch die Anwendung der Bioinformatik notwendig. Das Modul **Bioinformatik** macht die Studierenden daher gleich relativ am Anfang des Studiums mit den wichtigsten bioinformatischen Methoden und Datenbanken Datenbanken (z. B. NCBI, Swissprot, Needleman-Wunsch, Smith-Waterman, ClustalW, BLAST, Neighbor Joining, UPGMA) zur Analyse von biologischen und biochemischen Daten vertraut.

Im dritten Semester folgt das Modul **Molekularbiologie und Gentechnik**, welches aus einer Vorlesung und einem Praktikum besteht. In diesem eignen sich die Studierenden Wissen über die wichtigsten molekularbiologischen Methoden (u.a. Isolierung von Nukleinsäuren, Transformation von Mikroorganismen, Klonierung von DNA-Fragmenten, Verfahren zur Analyse von DNA, RNA, Proteinen etc.) und deren theoretischen Grundlagen an.

Parallel dazu lernen die Studierenden im Modul **Biochemie** den Aufbau und die Struktur von Biomolekülen kennen und werden mit grundlegenden Stoffwechselvorgängen (z.B. Glykolyse, Citrat-Zyklus, Gluconeogenese, etc.) vertraut gemacht. Weiterhin werden die Studierenden in die Grundlagen der Enzymkatalyse eingeführt. Sie lernen den Ablauf enzymatischer Reaktionen kennen, deren spezielle Aspekte der Kinetik und der Thermodynamik sowie Möglichkeiten der Berechnung. Parallel dazu werden diese theoretischen Schwerpunkte durch ein **biochemisches Praktikum** ergänzt und die Inhalte in diesem vertieft. Die Studierenden erlernen das Dokumentieren und Auswerten von Versuchen anhand vorgegebener Daten und Fragestellungen.

Da sich Enzyme als Werkzeuge nutzen lassen, um biobasierte Produkte umzubauen, abzubauen oder zu veredeln, und Produktionsprozesse damit umweltfreundlicher zu gestalten, ist das Know-How über die verschiedenen Enzymklassen und die von Enzymen katalysierten Reaktionen für einen Biotechnologen essentiell. Dieses Wissen eignen sich die Studierenden im Modul **Enzyme und ihre Reaktionen** an. Sie lernen die Rolle komplexer Cofaktoren (radikalbildend, redoxaktiv, elektronenverschiebend, Ionen stabilisierend etc.) kennen und die daraus resultierenden Limitationen von Enzymreaktionen. Mit Datenbanken zu Enzymreaktionen und thermodynamischen Größen (z.B. aus der Theorie der Gruppenbeitragsmethoden) werden Zielprodukte enzymatischer Reaktionen insbesondere im Bereich der Biomassennutzung erschlossen.

6.5 Pflichtmodule aus dem Bereich Verfahrenstechnik (35 CP)

Die Verfahrenstechnik stellt einen weiteren Schwerpunktbereich des Bachelorstudiengangs Chemische Biotechnologie dar. Im Modul **Mechanische Verfahrenstechnik** erhalten die Studierenden eine Einführung in Partikelsysteme (u.a. Partikelgröße und -form, Verteilungsfunktionen, Partikelbewegung) und lernen verschiedene Grundoperationen kennen (z.B. Zerkleinern, Mischen, Trennen, Filtration). Es wird Bezug auf die konkrete Anwendung bei Stoff- und Energiesysteme genommen (z.B. Holzhäckseln, Biomasseverbrennung etc.).

Die **Chemische und Thermische Verfahrenstechnik** macht die Studierenden mit den wichtigsten Reaktionstypen und Kenngrößen der chemischen Katalyse und Reaktionstechnik vertraut.

Das sich anschließende **Praktikum Allgemeine Verfahrenstechnik** vertieft die in den beiden Modulen erlernte Grundlagenoperationen der Verfahrenstechnik, z.B. Destillation oder Partikelverteilungsanalyse.

Das Modul **Bioverfahrenstechnik** findet parallel zum gleichnamigen **Praktikum** statt. Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse der Produktionstechnik mit Enzymen und Zellen (Fermentation) und dazugehörige Methodenkompetenzen (z.B. Bilanzierung von Batch, -Fed-Batch und kontinuierlichen Fermentationsprozessen). Zusätzlich erlernen die Studierenden das Auslegen und die Skalierung von Bioprozessen. Ebenso werden Beispiele für nachhaltige Produktionsverfahren vermittelt, die nachwachsende Rohstoffe nutzen, klimafreundlich und

weniger umweltbelastend als herkömmliche Verfahren sind. Im Praktikum vertiefen die Studierenden ihr Wissen anhand ausgewählter Versuche.

Im Modul **Downstream Processing** werden diese Inhalte nochmal erweitert. Den Studierenden werden wichtige Aufarbeitungstechnologien von Bioprozessen (Fällungs-, Filtrations- und Konversionsmethoden) vorgestellt, welche maßgeblich zur Realisierbarkeit von Fermentationsprozessen und weiteren biologisch basierten Herstellungsprozessen beitragen.

6.6 Forschungspraktikum (10 CP)

Das Forschungspraktikum im fünften Semester dient dazu, die Studierenden möglichst frühzeitig an das eigenständige, kreative Arbeiten im Rahmen eines Forschungsprojektes heranzuführen. Hierbei können die Studierenden je nach individuellem Interesse aus einem breiten Angebot an Forschungsthematiken wählen. Das Forschungspraktikum vermittelt somit die Grundlagen der Hypothesen basierten experimentellen Forschung, wobei die Studierenden offene Fragenstellungen durch kritisches Lesen aktueller wissenschaftlicher Literatur erkennen und mit geeigneten Methoden bearbeiten sollen.

6.7 Wahlmodule (19 CP)

a) Fachspezifische Wahlmodule (16 CP)

Die Studierenden können in diesem Bereich, je nach Neigung und persönlicher Zielvorstellung, ihre Fachkompetenzen vertiefen. Der Wahlkatalog umfasst Veranstaltungen aus disziplinär und interdisziplinär angrenzenden Gebieten, 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.

b) Allgemeinbildende Wahlmodule (3 CP)

Die Studierenden sollen sich überfachliche Qualifikationen aneignen, 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) 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.

6.8 Bachelor's Thesis (10 CP)

Die Anfertigung der Bachelor's Thesis (10 CP) erfolgt im Regelfall im 6. Semester. In dieser stellen die Studierenden ihre Fähigkeiten wissenschaftlichen Arbeitens und die erlernten Methoden und Konzepte der Chemischen Biotechnologie 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 deutscher oder englischer Sprache zu verfassen.

6.9 Mobilitätsfenster

Für Aufenthalte an anderen Hochschulen ist vor allem das sechste Fachsemester geeignet. Die in diesem Semester geplante Bachelor's Thesis sowie der Wahlmodul-Block kann, nach Absprache mit der Studienkoordination, an anderen Universitäten relativ frei gewählt werden. Das Modul Downstream Processing wird an allen Universitäten mit biotechnologischen Schwerpunkten angeboten. Auch im Bereich der Pflichtmodule sind im grundständigen Bachelorstudiengang Anerkennungen gut möglich, wenn die Gleichwertigkeit der Lernergebnisse zu den entsprechend TUM-eigenen Modulen nachgewiesen werden kann.

6.10 Musterstudienplan

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

Semester	Module							Credit Points/ Prüfungsanzahl
1.	Höhere Mathematik 1 (Pflicht) schriftlich 5 CP	Physics (Pflicht) schriftlich 5 CP	Foundations of Programming (Pflicht) schriftlich 5 CP	Allgemeine Chemie (Pflicht) schriftlich 5 CP	Praktikum Allgemeine Chemie (Pflicht) schriftlich 5 CP	Zell- und Mikrobiologie (Pflicht) schriftlich 5 CP		30/6
2.	Höhere Mathematik 2 (Pflicht) schriftlich 5 CP	Physikalische Chemie (Pflicht) schriftlich 5 CP	Bioinformatik (Pflicht) schriftlich 5 CP	Organic Chemistry (Pflicht) schriftlich 5 CP	Practical Course Organic Chemistry (Pflicht) schriftlich 5 CP	Praktikum Mikrobiologie (Pflicht) schriftlich 5 CP		30/6
3.	Statistics (Pflicht) schriftlich 5 CP	Mechanische Verfahrenstechnik (Pflicht) schriftlich 5 CP	Biochemie (Pflicht) schriftlich 5 CP	Instrumentelle Analytik und Spektroskopie (Pflicht) schriftlich 8 CP		Molekularbiologie und Gentechnik (Pflicht) schriftlich 8 CP		31/6
4.	Chemische und Thermische Verfahrenstechnik (Pflicht) schriftlich 10 CP		Enzyme und ihre Reaktionen (Pflicht) schriftlich 5 CP	Praktikum Biochemie (Pflicht) schriftlich 5 CP	Organische Chemie für Fortgeschrittene (Pflicht) schriftlich 5 CP	Green Chemistry (Pflicht) schriftlich 5 CP		30/6
5.	Forschungspraktikum (Pflicht) Wissenschaftliche Ausarbeitung 10 CP		Praktikum Allgemeine Verfahrenstechnik (Pflicht) schriftlich 5 CP	Bio-verfahrenstechnik (Pflicht) schriftlich 5 CP	Praktikum Bio-verfahrenstechnik (Pflicht) schriftlich 5 CP	Strömungs-mechanik (Wahl) schriftlich 5 CP		30/5
6.	Bachelor's Thesis 10 CP		Downstream Processing (Pflicht) schriftlich 5 CP	English for Academic Purposes (Wahl) schriftlich 3 CP	Einführung in die Elektrochemie (Wahl) schriftlich 5 CP	Praktikum Elektrobiotechnologie (Wahl) schriftlich 6 CP		29/5
Mobilitäts-fenster								
Legende:	hellgrau = Pflichtmodule, dunkelgrau = Grundlagen- und Orientierungsprüfung, hellblau = Wahlmodule, schwarz = allgemeinbildendes Modul, dunkelblau = Abschlussarbeit / Praktikum							

Abbildung 4: Exemplarisches Curriculum des Bachelorstudiengangs Chemische Biotechnologie (Beginn Wintersemester).

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Organisatorisch und fachlich ist der Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie 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*

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.

- 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 Nothaft, 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 Nothaft, 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-hrs/

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 2013 wurde am TUMCS (damals Wissenschaftszentrum Straubing) der Bachelorstudiengang Nachwachsende Rohstoffe ins Leben gerufen. Dieser wurde unter Mitwirkung weiterer fünf Hochschulen 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 sechs Hochschulen, wurde der Bereich der Forschung und Lehre im Bereich Biotechnologie, Werkstoffwissenschaft und Ökonomie am Standort stark vergrößert. Der Bachelorstudiengang Nachwachsende Rohstoffe wurde daraufhin organisatorisch dem TUMCS zugeschrieben und in einem weiteren Schritt in mehrere, spezialisierende Bachelor aufgeteilt.

Im Wintersemester 2017/2018 startete die erste Kohorte des Bachelorstudiengangs Chemische Biotechnologie. Im Jahr 2018 erfolgte die erste Änderungssatzung. Zum Zeitpunkt der Einrichtung des Studiengangs waren die Professur für Bioinformatik und die Professur für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik noch nicht besetzt. Nachdem nun beide Fachgebiete seit dem SS18 bzw. WS17/18 besetzt sind, ergab sich in der Diskussion mit den beiden Dozenten der Wunsch nach einer strukturellen Verbesserung des Studiengangs. Zum einen wurde von beiden Bereichen (Bioinformatik/ Verfahrenstechnik) bemängelt, dass die Informatik/ Programmierung als wichtiger Bestandteil aller weiterführenden Inhalte des Studiums (z.B. bei Simulationen von Prozessen oder der Bioinformatik) kein Grundlagen-/Pflichtfach im ersten Teil des Studiums war. Daher erfolgte die Einführung des Moduls Grundlagen der Informatik in den Pflichtkanon des Studiengangs. Weiterhin wurde bemängelt, dass die Inhalte der verfahrenstechnischen Module und deren Namen nicht optimal abgestimmt seien, so dass sich teilweise eine Doppelung des Lehrstoffs ergab. Durch eine nachfolgende Inhalts- und Titeländerung bei drei Pflichtmodulen und einem Wahlmodul aus dem Bereich Verfahrenstechnik wurde eine optimierte inhaltliche Aufteilung und Abfolge erreicht. Die prozessnahen Inhalte des Moduls Technischen Thermodynamik wurden in den Pflichtmodulen Physikalische Chemie und Thermodynamik der Mischungen und Stofftransport abgedeckt und das Modul wurde daher vom Pflicht- in den Wahlbereich verschoben. Im Zuge dieser Satzungsänderung wurde auf Wunsch der Studierenden die Zahl der Wiederholungsmöglichkeiten bei nichtbestandenem GOP-Modulen (zwei von fünf) auf zwei erhöht.

Bedingt durch die Empfehlungen des externen Qualitätsmanagements-Zirkels vom 2. Dezember 2020 und die gemeinsame Strukturanpassung aller Bachelorstudiengänge am TUMCS ergaben sich für den Bachelorstudiengang Chemische Biotechnologie zum Wintersemester 2021/2022 weitere Änderungen. So wurde das Modul Mathematik (1. Semester) aufgeteilt und erweitert auf Höhere Mathematik 1 (1. Semester) und Höhere Mathematik 2 (2. Semester). Aufgrund der teilweisen inhaltlichen Überlappung wurden Chemische Reaktionstechnik und Thermische Verfahrenstechnik im neuen Modul Chemische und Thermische Verfahrenstechnik

zusammengefasst. Weiterhin wurden einzelne Module innerhalb der ersten drei Semester verschoben, um eine bessere inhaltliche und zeitliche Abstimmung der Studieninhalte zu erreichen.

Im Rahmen der Re-Akkreditierung im Jahr 2023 wurden weitere Anpassungen vorgenommen. Das Modul Physikalische Chemie wurde aus den GOPs genommen, da die Inhalte eher weiterführende als grundlegende Kenntnisse vermitteln. Somit wurde die Anzahl der GOPs von fünf auf vier gekürzt. Während in der vorherigen Satzung zwei GOPs dreimal wiederholt werden durften, wurde für die neue Satzungsänderung festgelegt, dass alle der vier GOPs nur noch einmal wiederholt werden dürfen. Das Modul Mechanische Verfahrenstechnik wurde, aufgrund von Empfehlungen des externen Qualitätsmanagement-Zirkels, als Pflichtmodul neu in den Studienplan aufgenommen. Dafür wurde das Modul Thermodynamik der Mischungen und Stofftransport gestrichen, da sich die Inhalte zum Teil in dem Modul Chemische und Thermische Verfahrenstechnik wiederfinden. Zusätzliche Inhalte aus dem Modul wurden entsprechend integriert und das Modul Chemische und Thermische Verfahrenstechnik daher von 8 CP auf 10 CP angehoben. Weiterhin wurde das Modul Downstream Processing als Pflichtmodul im sechsten Semester verankert und damit eine Anpassung an die Vorgaben der Dechema e.V. für biotechnologische Studiengänge mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt vorgenommen. Das Modul Anlagenprojektierung wurde dafür aus dem Modulplan genommen, da dessen Inhalte eher einer ingenieurwissenschaftlichen Vertiefungsrichtung laut Dechema e.V. entsprechen. In den Pflichtkanon aufgenommen wurde ebenfalls das Modul Green Chemistry um die Ausrichtung des Studiengangs nach dem Leitbild des TUMCS sichtbarer und für Studieninteressierte greifbarer zu machen. Das Modul war vorher als Wahlmodul im Studienbaum verankert. Nebenbei erfolgte auch eine generelle Überarbeitung aller im Studienplan aufgeführten Pflichtmodule in Richtung Nachhaltigkeit. Eine Anpassung der gelehrtten Inhalte und damit der Modulbeschreibungen wurden durchgeführt. Durch die Einführung des Moduls Green Chemistry bzw. durch die Erweiterung des Moduls Chemische und Thermische Verfahrenstechnik wurde der Wahlbereich entsprechend von 24 CP auf 19 CP gekürzt. Hier wurden auch einige Änderungen in Bezug auf das Allgemeinbildende Wahlfach getroffen. Statt 5 CP müssen die Studierenden in diesem Bereich zukünftig nur noch 3 CP erwerben, da dieser Modulumfang meist ausreichend und dem Workload angemessen ist, um die dem Modul zugeordneten Lernergebnisse zu erreichen. Die Wahlfreiheit wurde für dieses Modul auf die Sozial-, Geistes- und Sprachwissenschaften eingeschränkt, um den weiter- und persönlichkeitsbildenden Charakter des Moduls zu erhalten.