

Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang Sustainable Energy and Processes

Teil A

Integrative Research Institute Campus Straubing für
Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)
Technische Universität München

Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: Integrative Research Institute Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)
Professional Profile Bioökonomie
- Bezeichnung: Sustainable Energy and Processes
- Abschluss: Master of Science (M.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 4 Fachsemester und 120 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: Eignungsverfahren (EV - Master)
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2020/2021
- Sprache: Englisch
- Hauptstandort: Straubing
- Ergänzende Angaben: -
- Studiengebühren für Studierende aus Nicht-EWR-Staaten:
Gebührenklasse 1 (4.000 € pro Semester)
- Academic Program Director: Prof. Dr.-Ing. Matthias Gaderer
Prof. Dr.-Ing. Jakob Burger
- Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument:
QM TUMCS
E-Mailadresse: qm@cs.tum.de
- Stand vom: 03.09.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele	4
1.1	Zweck des Studiengangs	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs	8
2	Qualifikationsprofil	11
2.1	Wissen und Verstehen	11
2.2	Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen	13
2.3	Kommunikation und Kooperation	14
2.4	Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität	14
3	Zielgruppen	16
3.1	Adressatenkreis	16
3.2	Vorkenntnisse	16
3.3	Zielzahlen	17
4	Bedarfsanalyse	19
5	Wettbewerbsanalyse	23
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	23
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	25
6	Aufbau des Studiengangs	27
6.1	Pflichtmodule 44 CP	29
6.2	Wahlmodule 46 CP	31
6.3	Mobilitätsfenster	33
6.4	Musterstudienplan	35
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	36
8	Entwicklungen im Studiengang	39

1 Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

Der Studiengang zu nachhaltiger Energie und Verarbeitungsprozessen kombiniert die Prinzipien der erneuerbaren Energien mit den Technologien und Methoden zur effizienten und umweltfreundlichen Verarbeitung von Rohstoffen und Materialien. Der Fokus liegt darauf, Energiesysteme und verfahrenstechnische Prozesse zu entwickeln, zu realisieren und zu betreiben, die auf nachhaltigen Quellen basieren und bestehende Prozesse zu optimieren und zu verändern, die weniger und möglichst nachhaltige Ressourcen verbrauchen und weniger Abfall erzeugen.

Eine nachhaltige Energieversorgung und die Verarbeitung von nachhaltig verfügbaren Ressourcen sind wesentliche Herausforderungen und Anforderungen für eine industriell geprägte Zukunft. Zu den nachhaltigen Ressourcen zählen beispielsweise nachwachsende Biomassen aus Forst- und Landwirtschaft und solar- und windbasierte Energieformen. Eine wesentliche Aufgabe ist es aber auch die Gewinnung und Verarbeitung vieler nicht nachwachsender Rohstoffe möglichst nachhaltig zu gestalten. Beispiel dafür sind Prozessketten und deren Produkte aus seltenen Erden, Metallen, Baustoffen, Verpackungen, Klärschlamm, Dünger und Wasser. Kreislaufwirtschaft, Recyclingprozesse und alle Formen der Weiterverarbeitung von Produkten sind hier von sehr großer Bedeutung, um eine verbesserte Nachhaltigkeit zu erreichen. Dazu zählen auch wesentliche Zukunftsfragen zur Gewinnung und Nutzung von Kohlendioxid, Wasserstoff und gasförmigen oder flüssigen Kraftstoffen. Der Studiengang ist für eine verfahrenstechnisch orientierte Ausbildung der Studierenden konzipiert und berücksichtigt dabei die miteinander verzahnten Herausforderungen. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen in Deutschland 2023. Wesentliche Technologien sind Windenergie, Photovoltaik und Bioenergie. Beispielsweise wird die begrenzt verfügbare Ressource Biomasse unterschiedlich nachgefragt und zukünftig kann sich deren Nachfrage und deren Verwendung verschieben. Daher sind für energetische Lösungen alle dargestellten nachhaltigen Ressourcen im nationalen aber insbesondere im internationalen Kontext von sehr großer Bedeutung.

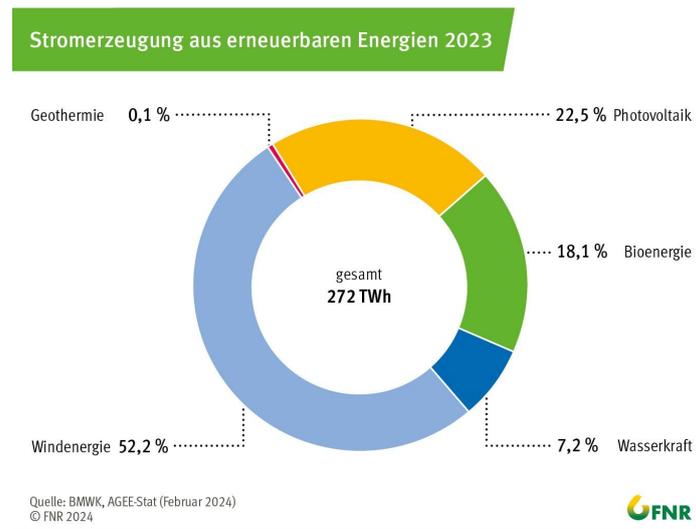


Abbildung 1: Verteilung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen in Deutschland 2023

Die Bioenergie stellt derzeit unter den Erneuerbaren Energieträgern den größten primärenergetischen Beitrag (Abbildung 2) dar. Für eine nachhaltige Rohstoffversorgung wird die Bioenergie eine wichtige Bedeutung einnehmen.

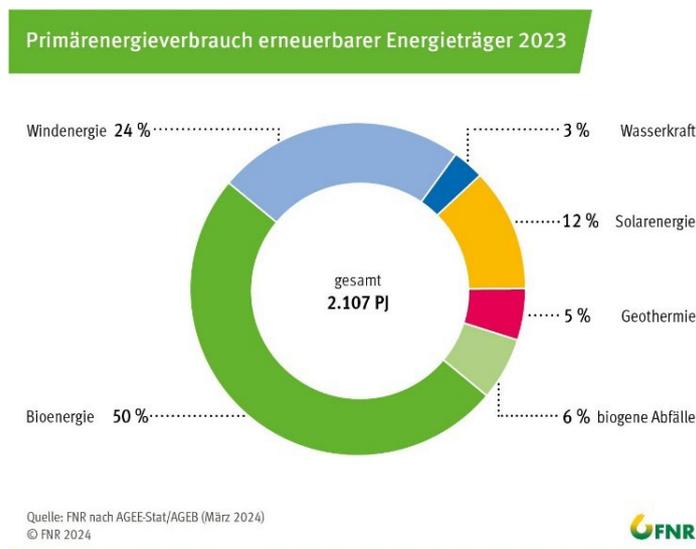


Abbildung 2: Primärenergieverbrauch erneuerbarer Ressourcen in Deutschland 2023

Das Ideal der Bioökonomie setzt beispielsweise eine Kreislaufwirtschaft voraus, die in vielen sehr großen Industriezweigen (Chemie, Petrochemie, Papier, Holz und weitere Baustoffe, Textilien, Rohstoffe für die verarbeitende Industrie, etc.) teilweise auf biogenen Rohstoffen aufbauen wird.

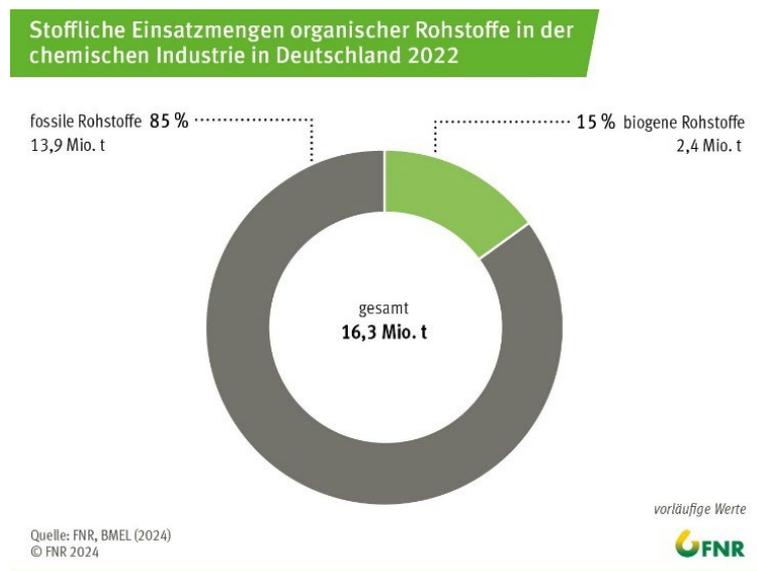


Abbildung 3: Stoffliche Einsatzmengen an organischen Rohstoffen in Deutschland 2022

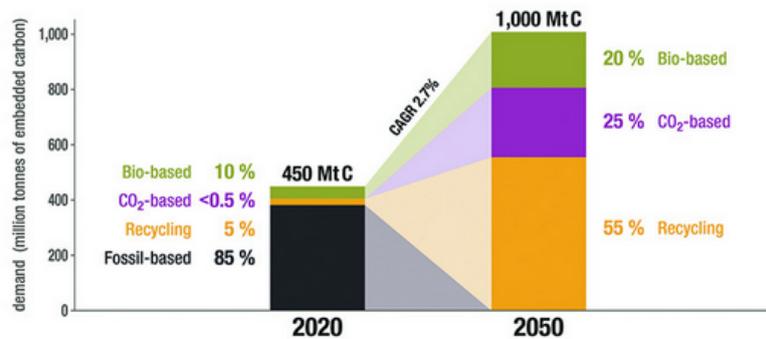
Abbildung 3 zeigt den organischen - d.h. kohlenstoffbasierten - Rohstoffeinsatz in der chemischen Industrie in Deutschland.

Da langfristig verfügbare Biomasse insgesamt den Bedarf an nachhaltigem Kohlenstoff jedoch nur zu einem begrenzten Teil decken kann, sind alle technischen Prozesse für eine Kreislaufwirtschaft und Verbrauchsminimierung von enormer Bedeutung (Abbildung 4). In Verbindung mit zunehmenden und neuen Recyclinglösungen, der großtechnischen Herstellung von Wasserstoff und der rohstoff- oder kohlendioxidärmeren Herstellung von Produkten sind auch vielfältige umweltverfahrenstechnische Aufgabenstellungen, wie beispielsweise zum Wasserverbrauch, zu erforderlichen Zusatzstoffen und zu diversen Emissionen zu lösen.

Da bei nahezu allen angesprochenen Ressourcen und Produkten im Wesentlichen von kontinuierlicher Verarbeitung von Schüttgütern, Flüssigkeiten, Gasen und den dafür erforderlichen Technologien und Energien gesprochen wird, handelt es sich im Wesentlichen um verfahrenstechnische Aufgabenstellungen aus den Fachdisziplinen der mechanischen Verfahrenstechnik, der chemischen- und thermischen Verfahrenstechnik, der Bioverfahrenstechnik, der Materialwissenschaften und der Energieverfahrenstechnik.

Um den Strukturwandel im Rahmen des Rohstoffwandels hin zu einer nachhaltigen Energie- und Ressourcenverarbeitung umzusetzen, werden daher insbesondere Ingenieure mit umfassendem verfahrenstechnischem und materialtechnischem Wissen benötigt, die einen starken Bezug zur Nachhaltigkeit aber auch zu den dafür erforderlichen ökonomischen Aspekten haben.

Global Carbon Demand for Chemicals and Derived Materials in 2020 and Scenario for 2050 (in million tonnes of embedded carbon)



available at www.renewable-carbon.eu/graphics

© -Institute.eu | 2021

Abbildung 4: Kohlenstoffquellen für eine nachhaltige Gestaltung der chemischen Industrie.

Der Studiengang *Sustainable Energy and Processes* dient dem Ziel, Ingenieure und Wissenschaftler dafür auszubilden. Im Rahmen der beruflichen Tätigkeit bestehen für die Absolventen und Absolventinnen Möglichkeiten in den Bereichen der Entwicklung von Prozessen, der Planung und Projektierung von Anlage zur Herstellung von Produkten und der Bereitstellung von Energie, dem Betrieb von Anlagen, der Beratung und Zertifizierung von verfahrenstechnischen, energetischen, energiewirtschaftlichen Aspekten und der Gestaltung und Umsetzung von Nachhaltigkeits- und Energiekonzepten in der Industrie. Die Umsetzung der Aufgabenstellung erfolgt dabei meist im Rahmen eines Teams bestehend aus Mitgliedern unterschiedlicher Disziplinen. Die Absolventen und Absolventinnen sind daher gefordert technisch, ökonomisch und ökologische interdisziplinäre Herausforderungen zu meistern. Der Studiengang bietet dazu für die Absolventen und Absolventinnen eine hervorragende Basis, da die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen für alle Prozesse auf der Breite der Chemie, Physik, Biologie, Mechanik, Thermodynamik und Materialwissenschaften basieren und die Nachhaltigkeitsaspekte daran abgebildet werden. Ebenso beinhaltet der Studiengang ein konzeptionell durchdachtes und ökonomisch geprägtes Modulkonzept für Ingenieure.

Konkrete Beispiele technischer Anlagen, an denen Absolventen und Absolventinnen ihr Wissen und Verständnis einbringen können, sind die Bereitstellung von Energie aus Biomasse, Anlagen zur Abscheidung und Nutzung von CO₂ aus Abgasen oder der Atmosphäre, Speicher unterschiedlichster Art für eine optimierte Energie- und Ressourcenwirtschaft, bioverfahrenstechnische Prozesse in der Pharma- und Lebensmittelindustrie, Anlagen zur Herstellung von Kraftstoffen aus alternativen Kohlenstoffquellen, Anlagen zur Reduktion oder

Vermeidung von Emissionen in Abgasen und Abwasser, Anlagen zur Aufbereitung und Bereitstellung von Abwasser und Anlagen zur Herstellung vielfältiger Grundstoffe für die Industrie.

Ein Abschluss des Masterstudiengangs *Sustainable Energy and Processes* befähigt die Absolventen und Absolventinnen durch Weiterbildungen auch als Sachverständige und zertifizierte Experten und Expertinnen im energietechnischen und allen verfahrenstechnischen Bereichen tätig zu sein. Nach Abschluss des Studiums bietet sich für die Studierenden somit ein sehr breites Arbeitsspektrum.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* ist organisatorisch und fachlich am TUM Campus Straubing 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. Zentrale Lehr- und Forschungsgebiete sind dort die Kreislaufwirtschaft, die Bioökonomie, die Etablierung neuer und innovativer Technologien zur stofflichen und energetischen Nutzung biogener und anderer nachhaltig gewonnener Rohstoffe sowie deren betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung. Zudem werden Innovationen unterstützt, indem Geschäftsmodelle sowie neuartige Produkte und Technologien entwickelt und mit dem zentralen Ziel einer nachhaltigen Wirtschaftsweise bis zur Marktreife gebracht werden.

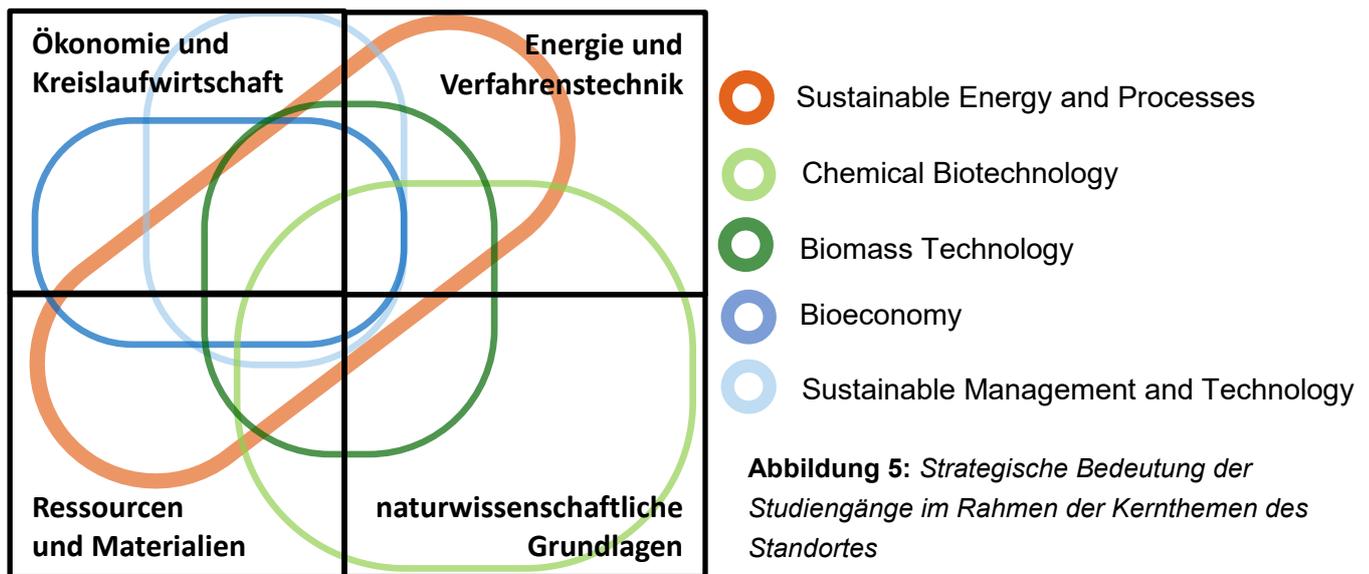
Beispiel dafür sind die bereits aus der TUM und unter Mitwirkung des TUMCS hervorgegangen Unternehmen Reverion GmbH, Cascat GmbH und die ESy-Labs-GmbH. Sowohl der Standort als auch der Studiengang tragen somit aktiv lokal, national und international zur Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft in gesellschaftlichem, sozialem und unternehmerischem Sinne bei.

Damit die Ziele erreicht werden können, werden Wissenschaftler, Techniker und Ökonomen benötigt, die neben dem notwendigen umfassenden Fachwissen auch interdisziplinäre Kompetenzen und Innovationsbereitschaft aufweisen.

Diesem Leitbild folgend werden derzeit weitere 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. Sustainable Energy and Processes (zuvor Technology of Biogenic Resources)

Diese thematisch voneinander abgegrenzten Studiengänge ermöglichen eine Fokussierung der Studierenden in den benannten Kernthemen der Nachhaltigkeit, Materialwissenschaften, Ökonomie, Energie- und Verfahrenstechnik und den naturwissenschaftlichen Grundlagen. Die vorhandenen Masterstudiengänge decken alle vier benannten Bereiche ab. Jeder Studiengang hat entsprechend seiner Ausrichtung seinen Schwerpunkt, wobei jeweils Teile anderer Kernbereiche in unterschiedlicher Gewichtung enthalten sind.



Der Studiengang *Sustainable Energy and Processes* hat seinen Schwerpunkt im energie- und verfahrenstechnischen Bereich, der sehr stark mit dem Bereich der Ressourcen und Materialien in deren Verarbeitung und Herstellung verbunden ist. Da die technologischen Aspekte von Prozessen auf naturwissenschaftlichen Grundlagen basieren, sind diese als Basis teilweise erforderlich. Auf einige ausgewählte Grundlagen, wie die Thermodynamik und chemische Aspekte werden in manchen Modulen anwendungsbezogen vertieft eingegangen. Die für Ingenieure erforderlichen ökonomischen Aspekte werden ebenfalls entsprechend berücksichtigt.

Der Studiengang *Chemical Technology* hat eine stark naturwissenschaftlich ausgerichtet Schwerpunkt mit Ergänzung um den Schwerpunkt *Verfahrenstechnik*.

Der Masterstudiengang *Biomass Technology*, der als Joint Degree Studiengang in Kooperation mit BoKu in Wien absolviert werden kann, bildet im Gegensatz zu den anderen Studiengängen die vier Bereiche gleichwertig ab. Die Inhalte dieses Studiengangs sind insgesamt generalistischer und interdisziplinärer und weniger ingenieurwissenschaftlich ausgerichtet.

Die Studiengänge Bioeconomy und Sustainable Management and Technology bieten vor allem Schwerpunkte in den ökonomischen Bereichen der Betriebswirtschaftslehre und Volkswirtschaftslehre.

Der TUMCS verfolgt eine sehr stark international ausgerichtete Strategie. Um diesem Ziel zu entsprechen, werden alle Masterstudiengänge und Bachelorstudiengänge zukünftig am TUMCS daher ausschließlich auf Englisch angeboten. Damit tragen sie auch zur konsequenten Weiterentwicklung des TUMCS zu einem international renommierten Studienort im Bereich der Nachhaltigkeit bei. Die TUM identifizierte die 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 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 zum Chemiepark Gendorf mit Unternehmensstandorten wie Clariant oder der Wacker Chemie AG in Burghausen als größten Chemiestandort Bayerns. Neben der internationalen Ausrichtung bleibt auch das lokale Umfeld im Fokus. Die Region Straubing wird zwar traditionell durch die Lage im sogenannten Gäuboden und durch die Nähe des bayerischen Waldes landwirtschaftlich orientiert eingeordnet, jedoch besteht nicht zuletzt aufgrund einer intensiven industriellen Entwicklung im Bereich des Maschinenbaus und der Elektrotechnik in den letzten Jahrzehnten eine sehr starke industrielle Ausrichtung. Diese wird mittlerweile auch ergänzt durch eine zunehmende verfahrenstechnisch und anlagenbautechnisch geprägte Industrie.

2 Qualifikationsprofil

Der Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* deckt die steigenden interdisziplinären Anforderungen in den energie- und verfahrenstechnischen Bereichen ab. Ausgehend von den mathematischen-, ingenieurs-, naturwissenschaftlichen-, und technischen - im allgemeinen als „MINT“ bezeichneten Grundlagen - führt der Master zu einer ingenieurmäßigen Qualifikation auf nationalem und internationalem Niveau. Durch die starke Integration nachhaltiger Aspekte, wie der Bioökonomie aber auch der weitergehenden Aspekte der allgemeinen Energie-, Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft und der allgemeinen ökonomischen Module bietet der Studiengang ein Qualifikationsprofil mit Alleinstellungsmerkmalen an.

Gemäß dem Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmen - HQR) der Kultusministerkonferenz kann das Qualifikationsprofil für den Studiengang anhand der Anforderungen (2.1) Wissen und Verstehen, (2.2) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen, (2.3) Kommunikation und Kooperation und (2.4) wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität definiert werden. Die formalen Aspekte gemäß HQR (Zulassungsvoraussetzungen, Dauer, Abschlussmöglichkeiten) sind in den Kapiteln 3 und 6 sowie in der entsprechenden Fachprüfungs- und Studienordnung ausgeführt.

2.1 Wissen und Verstehen

Im Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* erweitern und vertiefen die Studierenden ihr Wissen und Verständnis in den Bereichen Energietechnik und Verfahrenstechnik und sind in der Lage, neue und interdisziplinäre Problemstellungen in diesen Bereichen selbstständig oder im Team zu lösen. Durch die Breite der ingenieursorientierten Ausbildung wird der Studierende befähigt sich in komplexe Projekte und Aufgabenstellungen einzubringen und im Team Lösungen dafür zu erarbeiten. Im Themenbereich *Sustainable Energy and Processes* beziehen sich "Wissen" und "Verstehen" auf zwei grundlegende Aspekte des Ingenieurwesens, die für das effektive Design, den Betrieb und die Optimierung von technischen Systemen und Prozessen entscheidend sind.

a) Wissen im Studiengang *Sustainable Energy and Processes*

Wissen umfasst die Fakten, Prinzipien und Theorien, dazu gehören folgende Fachbereiche:

- **Thermodynamik und Energie:** Prinzipien der Energieerhaltung und Bilanzierung und die Anwendung auf technische Maschinen, Anlagen und Prozesse sowie deren technische Gestaltung.
- **Fluidmechanik and Separation:** Strömungsvorgänge von Flüssigkeiten und Gasen und deren Transport, Mischung und Abtrennung von Feststoffen und Flüssigkeiten.
- **Feststoffe und Trennprozesse:** Charakterisierung und Verhalten von Feststoffen und Technologien zu deren Manipulation.
- **Chemisch und biologische Verfahren:** Chemische und biologische Reaktionen und deren Kinetik und Randbedingungen zur Prozessführung und Gestaltung der Anlagen.
- **Material- und Werkstoffwissenschaften:** Wissen über die Eigenschaften und das Verhalten von Rohstoffen, Materialien und verschiedenen technischen Werkstoffen unter verschiedenen Bedingungen und deren Herstellung und Anwendung.
- **Informationstechnik und Digitalisierung:** Verarbeitung von großen Datenmengen und programmiertechnische Kenntnisse zur Gestaltung von EDV-Programmen für die spezifischen Datenanalyse, Verarbeitung von Daten und für die Gestaltung von Simulationen von Prozessen.
- **Ökonomie und Ökologie:** Grundlagen der Betriebswirtschaft und Volkswirtschaft und nachhaltigen Gestaltung von Prozessabläufen und deren Bewertung.

b) Verstehen im Studiengang Sustainable Energy and Processes

Das Verstehen geht über das bloße Wissen in den einzelnen Fachbereichen hinaus und umfasst die Fähigkeit, dieses in komplexeren und integrierten Zusammenhängen anzuwenden und zu interpretieren. Es beinhaltet unter anderem:

- **Systemdenken:** Die Fähigkeit, komplexe Verfahrensketten ganzheitlich zu betrachten und die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Komponenten und Prozessstufen zu verstehen.
- **Modellierung und Simulation:** Anwendung von mathematischen Modellen zur Vorhersage des Verhaltens von Prozessen und Systemen.

- **Problemlösung:** Fähigkeit, technische Probleme zu identifizieren, zu analysieren und Lösungen zu entwickeln, die sowohl technisch machbar als auch nachhaltig und wirtschaftlich sinnvoll sind.
- **Optimierung:** Verstehen, wie Prozesse verbessert werden können, um Effizienz, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit zu maximieren.
- **Ökonomie:** Wirtschaftliche Bewertungen von Prozessen und Unternehmenskonzepten durchführen, Marktsysteme und Zusammenhänge verstehen, Finanzierungssysteme, Unternehmensbewertungen und Bilanzdaten verstehen.
- **Innovation und Kreativität:** Fähigkeit, neue Konzepte und Technologien zu entwickeln und bestehende Prozesse zu verbessern.
- **Teamfähigkeit und Interdisziplinarität:** Die Absolventinnen haben ein breites technisches Wissen und interdisziplinäre Qualifikationsprofile erworben und sind auf komplexe Teamarbeiten vorbereitet.

2.2 Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen

Die Studierenden können sich ihr erworbenes Fach- und Methodenwissen problemlösungsorientiert als auch theoretisch-wissenschaftlich bei für sie neuen Aufgaben anwenden.

Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs können in der Wissenschaft an neuen Methoden und Prozessen forschen, biogene und andere Rohstoffe in die Energie- und Materialwertschöpfungsketten einbringen und die Verfahren dafür planen und die Anlagen dazu betreiben, Kreislaufwirtschaft im technischen und ökonomischen Sinne gestalten, neue Recyclingprozesse entwickeln, Herstellprozesse energetisch und im Ressourcenbedarf optimieren, unterschiedlichste Umweltauswirkungen verstehen, berücksichtigen und technische Maßnahmen dafür entwickeln und bei unterschiedlichsten Anlagen beim Betrieb tätig sein.

Entscheiden Sie sich für eine Tätigkeit in der Wirtschaft, so entwickeln Sie in diesen Unternehmen neue Verfahren, Produkte oder sind im Betrieb dieser Anlagen tätig und verstehen die komplexen technischen und ökonomischen Strukturen der Rohstoffversorgung. So sind sie in der Lage entwickelte Verfahren auf den großtechnischen Maßstab zu übertragen. Sie können dabei auftretende Problemstellungen selbständig identifizieren und über die passende Auswahl von

Methoden geeignete Wege für die Bearbeitung der entsprechenden Problemstellung im Rahmen von Forschung und technischer und industrieller Entwicklung finden.

Sie verstehen Verfahren und Produkte als Teil von Wertschöpfungsketten und sind in der Lage, neue Wertschöpfungsketten zu entwickeln. Sie kennen verschiedene Technologiefelder im Bereich der Energieversorgung und können diese mit ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen verknüpfen und gemeinsam mit prozesstechnischen Fragestellungen Forschungs- und Entwicklungsfragen identifizieren und planen. Daher sind vielfältige Tätigkeiten als Forschungs- oder Entwicklungsingenieure/-innen möglich.

2.3 Kommunikation und Kooperation

Die Absolventinnen und Absolventen sind mit dem erforderlichen Fachvokabular vertraut und können dieses in dem Fachgebiet verwenden, um sich sach- und fachbezogen mit Wissenschaftlern, Ingenieuren und Kollegen auszutauschen. Sie haben Wissen über die Diskussionskultur ihres Fachbereichs und ein grundlegendes Bewusstsein für unterschiedliche Kulturen. Sie sind in der Lage, konstruktiv und lösungsorientiert im Team mit heterogener Struktur bezüglich Fachwissens und Erfahrung 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, wissenschaftlich darstellen und kommunizieren. Sie lernen die Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis und verfügen damit über die Grundlagen, um in einer anschließenden Dissertation die Befähigung zur eigenständigen und wissenschaftlichen Arbeit zu erwerben. Sie sind auf lebenslanges Lernen und auf einen Einsatz in unterschiedlichen Berufsfeldern vorbereitet.

Von Relevanz ist die anwendungsbezogene Ingenieurausbildung, wodurch sich die Absolventen des Masterstudiums *Sustainable Energy and Processes* in komplexe Aufgabenstellungen einarbeiten können. Die Absolventen und 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 Absolventen und Absolventinnen des Studiengangs 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 *Sustainable Energy and Processes* richtet sich an Hochschulabsolventinnen und -absolventen von in- und ausländischen Universitäten und wissenschaftlichen Hochschulen mit Bachelor of Science und Bachelor of Engineering oder gleichwertigem Abschluss in den Studiengängen Energietechnik, Verfahrenstechnik, Bio- und Chemieingenieurwesen, Biotechnologie, Umwelttechnik oder vergleichbaren Studiengängen. Die Studierenden sollen idealerweise über ein breites und integriertes Wissen und Verstehen in zumindest einem der Bereiche Energietechnik oder Verfahrenstechnik verfügen.

3.2 Vorkenntnisse

Die fachliche Qualifikation wird in einem Eignungsverfahren gemäß Anlage 2 FPSO geprüft. Konkret sollen die Bewerberinnen und Bewerber aus den folgenden genannten Bereichen entsprechende Kenntnisse mitbringen:

Mathematik und Informatik: Die Bewerberinnen und Bewerber sollen grundlegende mathematischen Methoden beherrschen, welche für die Berechnungen und Modellierungen im technischen Bereich erforderlich sind. Dazu gehören der Umgang mit Differentialgleichungen, sowie Kenntnisse in der Analysis und linearen Algebra. Sie sollen den allgemeinen Aufbau von Computersystemen kennen sowie ein grundlegendes Verständnis von unterschiedlichen Zahlensystemen und deren Arithmetik haben. Sie sollen grundlegende Konzepte und Elemente der Programmierung kennen und verwenden können. Dazu zählen beispielsweise Variablen, Schleifen und Funktionen.

Naturwissenschaft: Die Bewerberinnen und Bewerber sollen zumindest die Grundprinzipien der anorganischen und organischen Chemie beherrschen. Dazu zählen das Periodensystem der Elemente, der Aufbau von Molekülen und die Bindungstheorien, die Beschreibung einfacher chemischer Reaktionen, der Aufbau von Säuren und Basen und Säure-Base-Konzept und Redox-Reaktionen. Ebenso sind physikalische und biologische Grundkenntnisse von Vorteil.

Technik allgemein: Die Bewerberinnen und Bewerber sollen idealerweise über Kenntnisse in technischen Grundlagenfächer der Mechanik - wie Statik und Festigkeitslehre - und physikalischen Chemie und Grundlagen der Thermodynamik verfügen. Ideale Ausbildungszweige aber nicht

zwingend Voraussetzung auf Bachelorniveau sind beispielsweise Verfahrenstechnik, Prozesstechnik, Chemieingenieur, Umweltverfahrenstechnik und Maschinenbau.

Da sich der Studiengang insbesondere an internationale Studierende richtet und damit sämtliche Module des Studiengangs ausschließlich auf Englisch angeboten werden, werden entsprechende Englischkenntnisse vorausgesetzt und müssen bei der Bewerbung durch ein TUM anerkanntes Sprachzertifikat in Form des TOEFL oder IELTS nachgewiesen werden.

3.3 Zielzahlen

Der Masterstudiengang ist grundsätzlich mit einem Beginn im Wintersemester geplant, es ist jedoch auch ein Beginn im Sommersemester möglich. Der Studiengang ist für eine Anfängerzahl von etwa 50 Studienanfänger pro Jahr konzipiert. Dies bedeutet bis zu 100 Studierende bei Vollbelegung und 4 Semestern Regelstudienzeit.

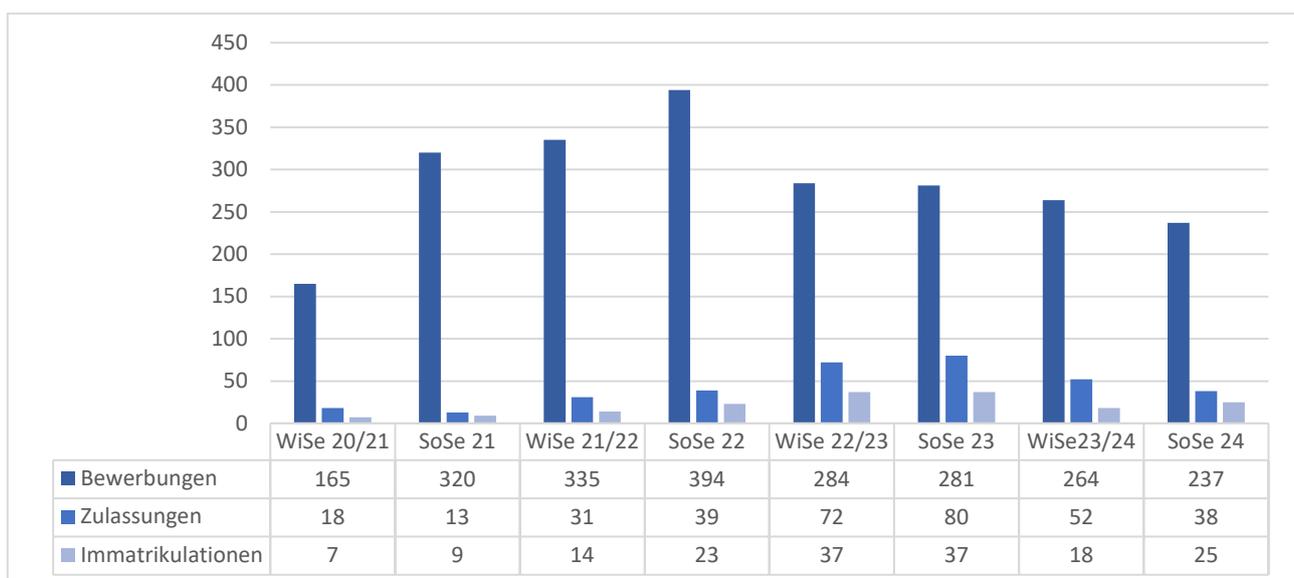


Abbildung 6: Entwicklung der Bewerber-, Zulassungs- und Immatrikulationszahlen 2020 – 2024 im Masterstudiengang Sustainable Energy and Processes. WiSe = Wintersemester, SoSe = Sommersemester

Abbildung 6 zeigt die Zahlen der Bewerbungen, Zulassungen und Immatrikulationen seit Beginn des Studiengangs zum Wintersemester 2020 für die jeweiligen Sommer- und Wintersemester (SoSe/WiSe) bis einschließlich SoSe 24. Die Anzahl der Bewerbungen stieg stetig seit 2020/21 von 165 auf 394 zum SoSe 22 an. Nach Anpassung des Eignungsverfahrens Ende 2021 sanken zwar die Bewerberzahlen zum WiSe 22/23 auf 284 und zum SoSe 24 sogar auf 237, aber dafür wurde die Qualität der Bewerbungen verbessert.

Im Mittel immatrikulierten sich seit WiSe 20/21 51% der zugelassenen BewerberInnen. Die angestrebte mittlere Anfängerzahl ist mit durchschnittlich 21 Studierende pro Semester knapp erfüllt und die Anzahl der Studienanfänger seit WiSe 20/21 nahm stetig zu.

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

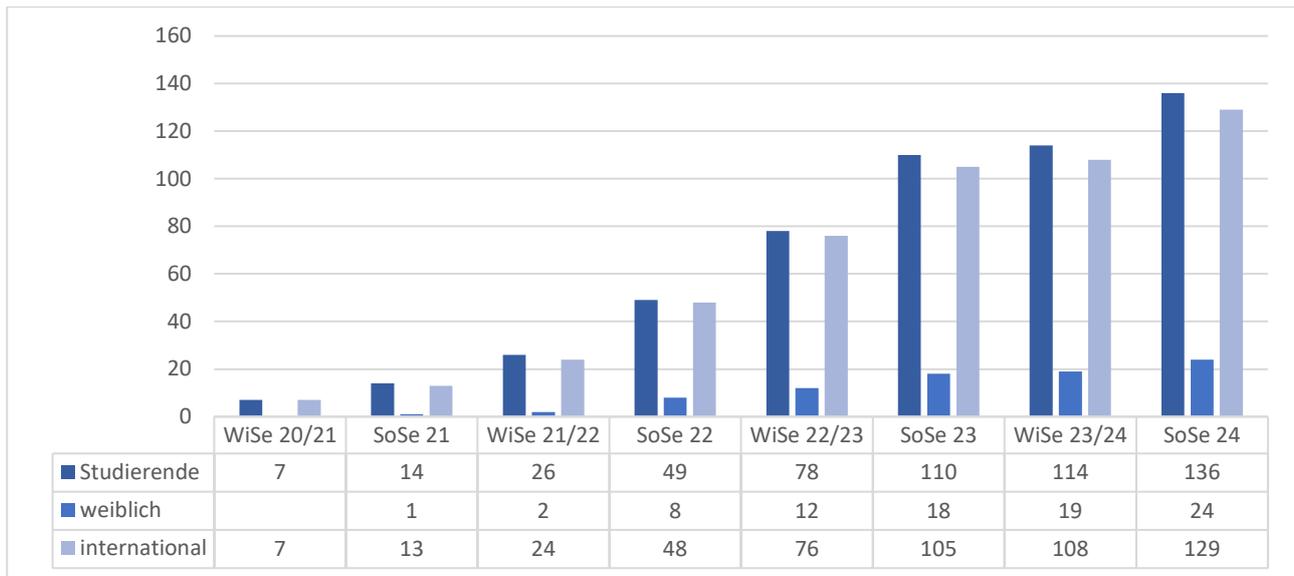


Abbildung 7: Entwicklung der Studierendenzahlen 2020 – 2024 mit Anzahl weiblicher und internationaler Studierender. WiSe= Wintersemester, SoSe = Sommersemester

In Abbildung 7 ist der kontinuierliche Anstieg der Studierendenzahlen von 7 auf 136 seit Einführung des Studiengangs bis einschließlich SoSe 24 zu erkennen. Mit einem Frauenanteil von im Mittel 13% ist der naturwissenschaftliche Studiengang ungleich verteilt. Der sehr geringe Anteil liegt vor allem an den kulturellen Bedingungen in den Herkunftsländern. Ein höherer Frauenanteil wird angestrebt. Der Anteil internationaler Studierender liegt im Mittel bei 95 %.

4 Bedarfsanalyse

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) stellt deutschlandweit, aber auch insbesondere in Bayern einen Ingenieurmangel fest. Die Statistik in Tabelle 2 stellt offene Stellen je 100 Arbeitslose für verschiedene Branchen des Ingenieurwesens sowohl in Bayern als auch in Gesamtdeutschland gegenüber. Die Nachfrage nach Fachkräften in den Branchen Rohstoffherzeugung und -gewinnung, Kunststoffherstellung und Chemische Industrie sowie Energie- und Elektrotechnik ist groß. Insbesondere werden gute verfahrenstechnische und energietechnische Grundkenntnisse sowie Erfahrung im Projektmanagement, der Teamarbeit sowie gründelnden ökonomisches Verständnis und rechtliche Kenntnisse zur Nachhaltigkeit geforderter.

	BY	DE	Relevanz und Bezug des Studienganges Sustainable Energy and Processes und Bedeutung als Arbeitsgebiete
Ingenieurberufe Rohstoffherzeugung und -gewinnung	514	285	sehr hoch
Ingenieurberufe Kunststoffherstellung und Chemische Industrie	341	237	sehr hoch
Ingenieurberufe Metallverarbeitung	350	228	sehr hoch
Ingenieurberufe Energie- und Elektrotechnik	1079	653	sehr hoch
Ingenieurberufe Techn. Forschung und Produktionssteuerung	316	218	sehr hoch
Ingenieurberufe Maschinen- und Fahrzeugtechnik	685	376	hoch
Ingenieurberufe Bau/Vermessung/Gebäudetechnik, Architektur	762	489	hoch
Sonstige Ingenieurberufe, (Dienstleistung)	190	132	mittel
Informatikerberufe	718	421	gering

Tabelle 1: Je 100 Arbeitslose waren gesamtwirtschaftlich so viele Stellen zu besetzen, 3. Quartal 2023, BY: Bayern, DE: Gesamtdeutschland [Quelle: Ingenieurmonitor 2023/Q3 VDI]

Neben dem rein quantitativen Bedarf an technischen Experten stellt der zukünftige Markt auch Anforderungen an die inhaltliche Ausrichtung der Fachkräfte an der sich verändernden Randbedingungen. Wesentliche geforderte Kompetenzen seitens der Industrie sind dabei spezifische verfahrenstechnische und energetische Kenntnisse sowie ökonomische und spezifisch rechtliche Aspekte bezüglich der Nachhaltigkeit.

Die Bioökonomie als ein Teilbereich der nachhaltigen Entwicklung spielt dabei ebenfalls eine wichtige Rolle, sowohl bezüglich Umsatzes wie auch Beschäftigtenzahl. In Abbildungen 8 und 9 sind Zahlen zu Umsatz und Zahl der Beschäftigten der Branche aus dem Jahr 2019 dargestellt.

Umsatz in der Bioökonomie in Deutschland 2019

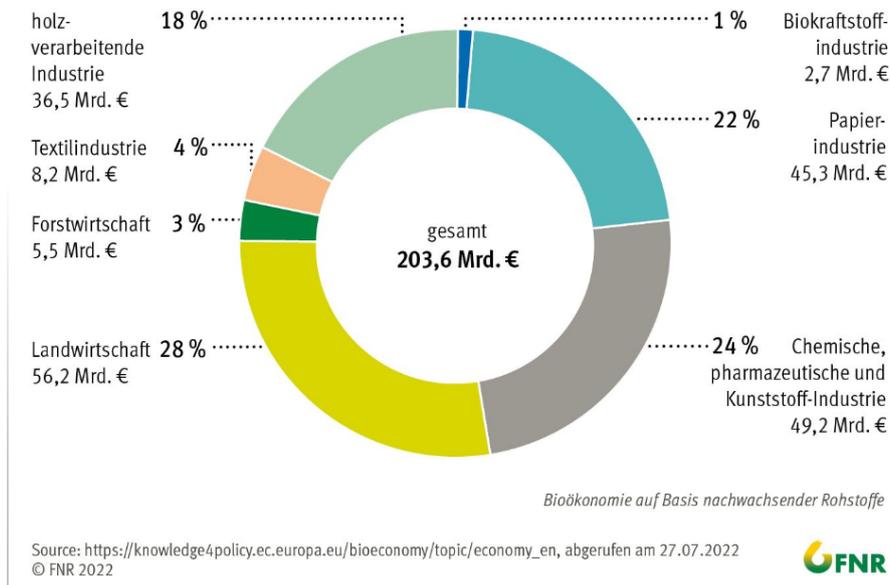


Abbildung 8: Umsatz in der biobasierten Bioökonomie in Deutschland 2019

Beschäftigte in der Bioökonomie in Deutschland 2019

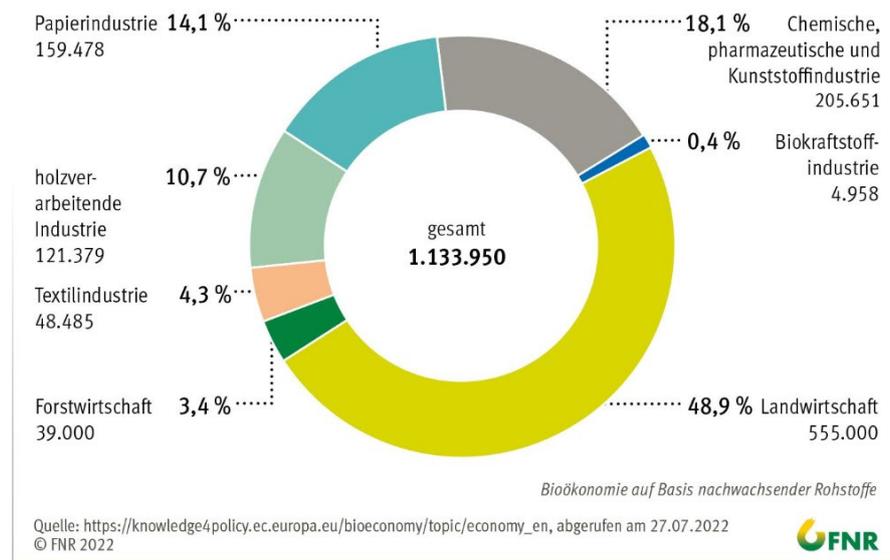


Abbildung 9: Beschäftigte in der biobasierten Bioökonomie in Deutschland 2019

Im Kontext der Nachhaltigkeit im industriellen Sinne ist jedoch der Beitrag der Bioökonomie und deren Wachstumspotenzial aufgrund der seit jeher limitierte Ressourcenlage immer beschränkt. Daher ist insbesondere für ein technisches Studium eine umfassendere Behandlung der Technologien im Sinne der Nachhaltigkeit unbedingt erforderlich, um den Anforderungen in Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft gerecht zu werden. Absolventen und Absolventinnen des Studienganges arbeiten in den Bereichen der technischen Entwicklung im Maschinenbau, der Verfahrenstechnik und der Chemiebranche, bei Stadtwerken, der Abwasseraufbereitung und Entsorgung und der Energieversorgern. Bei Industrieunternehmen unterschiedlichster Art und bei öffentlichen Einrichtungen finden Absolventen und Absolventinnen beispielsweise Tätigkeiten im Energie- und technischen Nachhaltigkeitsmanagement.

Der Studiengang *Sustainable Energy and Processes* qualifiziert beispielhaft für folgende berufliche Tätigkeiten:

- Entwicklungsingenieur in der Energie-, Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Projektplanung, Projektmitarbeiter und Projektleitung von Teams
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter an Universitäten und Hochschulen
- Betriebsingenieur in der Energie-, Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Unternehmensberatung im spezifischen Bereich der Energie-, Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Energieberatung, Energiemanager, Energieauditor und Ressourcenmanager
- Nachhaltigkeitsmanager und Nachhaltigkeitsauditor
- Mitarbeiter bei Stadtwerken, Wasserversorgern, Entsorgern, Recyclingunternehmen und Energieversorgern
- Sachverständiger
- selbstständige Tätigkeiten

Bisherige Absolventen und Absolventinnen schlossen entweder direkt an den Masterabschluss eine Promotion an und verblieben dafür am TUM Campus Straubing oder entschieden sich für folgende erste Arbeitgeber:

- Energieberatungsunternehmen in der Beratung von Unternehmen zu Energiefragen
- Energieversorgungsunternehmen in der Projektierung
- verfahrenstechnischen Produktionsunternehmen von chemischen Produkten
- öffentlichen Dienst im technischen und verwaltungstechnischen Umfeld

Mit der aktuellen Gründung eines Alumnivereins soll mit zunehmender Anzahl der Absolventinnen und Absolventen für diesen jungen Studiengang das Netzwerk gestärkt werden sowie Karrierewege nachvollziehbar werden.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Der Studiengang *Sustainable Energy and Processes* ist als international ausgerichteter Studiengang englischsprachig. In Tabelle 2 sind Masterstudiengänge aufgeführt, mit denen der englischsprachige Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* im Wettbewerb steht.

Universität/Hochschule	Masterstudiengang	Sprache
Universität Aalto	Biomass Refining	E
Universität Wageningen	Biobased Sciences	E
Hochschule Rhein-Waal	Biological Resources	E
ETH Zürich	Verfahrenstechnik	E
ETH Zürich	Energy Science and Technology	E

Tabelle 2: Englischsprachige Studiengänge

Der Studiengang Biomass Refining an der Universität Aalto in Finnland fokussiert sich auf Technologien zur Verarbeitung von Biomasse und der nachhaltigen Nutzung von Naturrohstoffen. Basierend auf die finnische Forstindustrie geht es dabei vor allem um die Chemie der Lignozellulose und den daraus gewinnbaren Produkten. Der Studiengang ist ausschließlich auf Biomasse fokussiert. Der Anteil der eigentlichen Verfahrenstechnik ist jedoch überschaubar.

Der Studiengang Biobased Sciences an der Universität Wageningen in den Niederlanden ist vor allem materialtechnisch orientiert und auch hier ist der Aspekt der eigentlichen Verfahrenstechnik geringer, die Energietechnik wird nicht adressiert.

Im Studiengang Biological Resources an der Hochschule Rhein Waal in Deutschland werden Boden, Pflanze, Tier und marine Ressourcen behandelt und ist eher naturwissenschaftlich und landwirtschaftlich ausgerichtet.

Der Studiengang Verfahrenstechnik der ETH Zürich in der Schweiz stellt einen sehr klassischen Studiengang der Verfahrenstechnik mitteleuropäischer Struktur dar. Der Studiengang ist aufgrund der sehr stark ausgeprägten Verfahrenstechnik an der ETH Zürich allgemein auf die gesamte Verfahrenstechnik ohne herausgehobener Schwerpunktbildung ausgelegt.

Der Studiengang Energy Science and Technology an der ETH Zürich in der Schweiz beinhaltet als Schwerpunkt die gesamte Breite der Energiethematik. Die Verfahrenstechnik und stoffliche Nutzung ist hierin kein Schwerpunkt.

Eine vergleichbare Kombination von Verfahrenstechnik mit Energietechnik und mit einer Fokussierung auf Nachhaltigkeit ist am ehestens im Studiengang Biomass Refining in Aalto/Finnland gegeben. An der ETH Zürich wird der allgemeine Studiengang Verfahrenstechnik ebenfalls in englischer Sprache angeboten. Eine klassische Wettbewerbssituation ist aufgrund von Entfernung (Finnland, Schweiz) oder Themensetzung nicht gegeben.

Alle weiteren angebotenen Studiengänge in Deutschland zur Verfahrenstechnik und Energietechnik sind in deutscher Sprache und somit vor allem für deutschsprachige Studierende relevant. Außerdem finden sich darin auch keine Studiengänge, die einen äquivalenten Fokus auf Nachhaltige Energie- und Prozesstechnik in der vergleichbaren Breite aufweisen. Oftmals ist nur einer der beiden Aspekte (Energie oder Verfahrenstechnik) und ausschließlich nachwachsende Rohstoffe adressiert. Die Zusammenführung auf den Aspekt der Nachhaltigkeit und Kreislaufschließung im Kontext der Energietechnik und Verfahrenstechnik ist in keinem der Studiengänge vorhanden. Damit ergibt sich inhaltlich und auch in Verbindung mit der internationalen Ausrichtung eine sehr gute Ergänzung und Abgrenzung zu bestehenden Angeboten.

Universität/Hochschule	Masterstudiengang	Sprache
FAU Erlangen-Nürnberg	Chemical Engineering	D
FAU Erlangen-Nürnberg	Chemie- und Bioingenieurwesen	D
FAU Erlangen-Nürnberg	Energietechnik	D
RWTH Aachen	Energietechnik	D
RWTH Aachen	Nachhaltige Energieversorgung	D
RWTH Aachen	Verfahrenstechnik	D
TU Berlin	Energie- und Verfahrenstechnik	D
TU Kaiserslautern	Energie- und Verfahrenstechnik	D
Universität Hohenheim	Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie	D
Hochschule Hannover	Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien	D
Hochschule Hildesheim	Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien	D
Boku Wien	Stoffliche und energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe (Joint Degree Programm des TUMCS Studiengangs Biomass Technology)	D

Tabelle 3: Deutschsprachige Studiengänge

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Die TUM bietet inzwischen einige rein englischsprachige Technikstudiengängen an. Diese sind jedoch ebenfalls thematisch eingegrenzt und fokussiert. Derzeit gibt es keinen Studiengang an der TUM, der dem Studiengang in seiner Gesamtheit ähnlich ist.

School of Life Science

M.Sc. Pharmazeutische Bioprozesstechnik (D)

Klarer Fokus und Einschränkung auf pharmazeutische Anwendungen. Dieser Studiengang behandelt zum Beispiel die Gentechnik und den Aufbau der Mikroorganismen, mit denen man biotechnologische Produkte herstellen kann. Die stoffliche Nutzung biogener Rohstoffe jenseits des Substrateinsatzes für biotechnologische Verfahren sowie die klassische energetische Nutzung biogener Rohstoffe wird nicht adressiert. Anlagentechnisch werden Anlagen der Bioverfahrenstechnik im kleinen Maßstab behandelt. Die Sprache des Studiengangs ist Deutsch.

M.Sc. Sustainable Resource Management (E)

Der interdisziplinäre Masterstudiengang widmet sich dem nachhaltigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen Boden, Wasser, Luft und biologischer Vielfalt mit einem starken Fokus auf die Forstwissenschaften. Er berücksichtigt dabei soziale, ökonomische und ökologische Dimensionen. Der Schwerpunkt liegt auf der Vermittlung von geeigneten Managementmethoden. Verfahrenstechnische Inhalte sind vorhanden, aber bei weitem nicht so grundlegend ausgeprägt wie im Studiengang *Sustainable Energy and Processes*. Die Sprache des Studiengangs ist Englisch.

M.Sc. Lebensmitteltechnologie (D)

Im Master Lebensmitteltechnologie werden verschiedenen Aspekten der industriellen Herstellung von Lebensmitteln und zugehörige technologische und verfahrenstechnische Prozesse der Lebensmittelherstellung sowie die Anforderungen und Qualitätskriterien von Lebensmitteln behandelt. Die Technologie zur Herstellung und Verarbeitung von Lebensmittel sind kein nennenswertes Thema des Studiengangs *Sustainable Energy and Processes*. Die Sprache des Studiengangs ist Deutsch.

School of Engineering and Design

M.Sc. Energie- und Prozesstechnik (D)

Im Masterstudiengang Energie- und Prozesstechnik erfolgt ein breiter Kompetenzerwerb in allen Bereichen der Energie- und Prozesstechnik, insbesondere in der teils biobasierten Energietechnik und der fossilbasierten Verfahrens- und Energietechnik. Die Nutzung biogener Rohstoffe wird nur am Rande adressiert. Die Sprache des Studiengangs ist Deutsch.

M.Sc. Power Engineering (E)

Der Studiengang Power Engineering der TUM ist ebenfalls für eine internationale Studierendenschaft konzipiert. Jedoch liegt der Schwerpunkt bei der klassischen thermischen und elektrotechnischen Energietechnik. Ebenso sind nachhaltige Energiesysteme in Bezug auf Strombereitstellung ein Schwerpunkt. Die Aspekte der Ressourcen, Rohstoffgewinnung verfahrenstechnischen Verarbeitung, der Kreislaufschließung und deren Verknüpfung mit energietechnischen Fragestellungen stehen hier nicht im Fokus. Die Sprache des Studiengangs ist Englisch.

School of Natural Sciences

M.Sc. Chemieingenieurwesen (D)

Mit dem Studiengang wird der Fokus auf Chemie und chemische Verfahrenstechnik gelegt. Es besteht ein eher geringer Bezug zur Energietechnik und zu speziell nachhaltigen Rohstoffen oder Prozessen. Die Sprache des Studiengangs ist Deutsch.

Fazit

Es gibt somit kaum Studiengänge, die beides - die Technologie und Prozesse zur stofflichen und energetischen Nutzung von Rohstoffen im Kontext der Nachhaltigkeit - fokussieren. Von den aufgeführten Studiengängen hebt sich der Studiengang *Sustainable Energy and Processes* am TUM Campus Straubing ab, da mit diesem inhaltlich ein größerer technologischer Aspekt adressiert wird, als einziger innerhalb Deutschlands vollkommen auf Englisch studierbar ist und da für alle Studieninhalte international agierende Forschungsgruppen direkt vor Ort auf einem konzentrierten Campus vereint sind und eng zusammenwirken.

Damit geht ein Wettbewerbsvorteil einher und die TUM kann mit dem Studiengang seine Führungsrolle auf diesem für die Gesellschaft so wichtigen Zukunftsfeld ausbauen.

6 Aufbau des Studiengangs

Die Aufnahme der Studierenden für das Masterprogramm Sustainable Energy and Prozesse in Vollzeit erfolgt zum Winter- oder zum Sommersemester und hat einen Leistungspunkteumfang von 120 Credit Points (CP) inkl. der Master-Thesis. Insgesamt umfasst der Masterstudiengang 4 Semester als Regelstudienzeit und der Studienbetrieb findet ausschließlich am TUMCS statt. Für ein erfolgreiches Semester sind 30 CP zu erwerben. Nach bestandener Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science“ („M.Sc.“) verliehen.

Der Aufbau des Studiengangs ist in Abbildung 10 dargestellt. Der Studiengang gliedert sich in einen Pflichtbereich mit 74 CP inkl. Master Thesis und einen fachspezifischen Wahlbereich mit 43 CP und einem allgemeinbildenden Wahlbereich mit 3 CP. Die Module sind in der Regel so aufgebaut, dass jedes Modul mit einer Prüfung abgeschlossen wird und somit sechs Module je Semester absolviert werden können.

Der Pflichtbereich beinhaltet Pflichtmodule im Umfang von 44 CP und die Master Thesis mit 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.

Pflicht 44 CP (6x 5 CP) (1x 6 CP) (1x 8 CP)	Conceptual Design of Fluid Separation (5 CP)	Technical Thermodynamics and Balancing (5CP)	Energy & Economics (5 CP)	Energy & Process Engineering Project (8 CP)
	Conceptual Design of Bioprocesses (5CP)	Mechanical Processing of Biogenic Materials (5 CP)	Advanced Downstream Processing (5 CP)	Energy Process Engineering (6 CP)
Wahl 46 CP	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">Fachspezifische Wahlmodule 43 CP</div> <div style="background-color: #000000; color: white; padding: 5px;">Allgemeinbildendes Wahlmodul 3 CP</div> </div>			
Thesis 30 CP	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 10px; display: inline-block;">Master's Thesis 30 CP</div>			

Abbildung 10: Aufbau des Masterstudiengangs Sustainable Energy and Processes

In den Pflicht- und Wahlmodulen werden sowohl Vorlesungen als auch Übungen, Seminare, Praktika und Projektarbeiten sowie Forschungsarbeiten an den jeweiligen Professuren im Rahmen von Research Internships 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 und Projektarbeiten lernen die Studierenden, sich sach- und fachbezogen mit Kommilitonen und Kommilitoninnen 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 die englischsprachige Ausrichtung des Studiengangs und seine dadurch internationale Studierendenschaft erwerben die Studierenden soziale Handlungskompetenzen für die Arbeit in interkulturellen Teams, wie sie mit Souveränität agieren und auch interdisziplinäre Projekte zum Erfolg führen lassen. Bereits im Studium selbst ergibt sich aufgrund der vielfältigen Herkunft der Studenten eine ausgeprägte Persönlichkeitsentwicklung durch interkulturelle Kommunikation und kulturellem Austausch auf sozialer, gesellschaftlicher, religiöser und geschlechtlicher Ebene. Dies führt im Studium sowohl zu einer Bereicherung als auch zu Spannungen, kritischen Momenten und Auseinandersetzungen sowohl innerhalb der Studierenden als auch im Verhältnis zur Professorenschaft, die zu lösen sind.

Darüber hinaus besteht für die Studierenden die Möglichkeit, im Rahmen von studentischen Initiativen, wie 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 44 CP

In den ersten drei Semestern sind insgesamt **acht Pflichtmodule im Umfang von 44 CP** zu absolvieren, die profilbildend auf den Studiengang wirken und zur Erreichung des erforderlichen ingenieursorientierten Qualifikationsprofils (vgl. Kapitel 2) entscheidend und erforderlich sind. Methodische Kenntnisse und Kompetenzen in der Verfahrens- und Energietechnik als Erweiterung und aufbauend auf den im Bachelor in diesen Bereichen erlernten Kompetenzen werden im ersten Semester in den Pflichtmodulen

- *Conceptual Design of Fluid Separation*
- *Mechanical Processing of biogenic Materials*
- *Technical Thermodynamics and Balancing*
- *Conceptual Design of Bioprocesses*

vermittelt.

Im Modul *Conceptual Processing of Fluid Separation* lernen die Studierende im Labor entwickelte Verfahren zur stofflichen Nutzung von biogenen Rohstoffen in den technischen Maßstab zu skalieren und mit einer passgenauen Aufarbeitung auszustatten. Durch Zusammenführung unterschiedlicher - im Bachelor kennengelernter - Grundoperationen von Adsorption bis Zentrifugation, wird der Fokus auf das Entwickeln von Prozesskonzepten für vorgegebene Aufgaben gerichtet.

Im Modul *Mechanical Processing of biogenic Materials* vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse im Bereich der Aufarbeitung biogener Rohstoffe zur Vorbereitung für die stoffliche oder energetische Nutzung. Dabei sind wichtige Grundoperationen wie Zerkleinern, Trennen & Handling von Mehrphasensystemen von zentraler Bedeutung.

Im Modul *Technical Thermodynamics and Balancing* werden wesentliche technisch orientierte Aspekte der Thermodynamik und der Massen- und Energiebilanzen sowie deren Anwendung auf Technologien gelehrt.

Mit dem Modul *Conceptual Design of Bioprocesses* werden die Grundlagen der Gestaltung von bioverfahrenstechnischen Prozessen gelehrt.

Methodische Kenntnisse und Kompetenzen der Energietechnik werden in den Pflichtmodulen *Energy and Economics* und *Energy Process Engineering* gelehrt. Den Studierenden werden in diesen beiden Modulen wesentliche technisch orientierte Aspekte zu Technologien zur

Energiewandlung und Energiemärkte sowie Anlagenkomponenten energietechnischer Anlagen erläutert.

Diese Pflichtmodule liefern sowohl Grundlagenkompetenzen als auch Fachexpertise, die für viele der anwendungsnäheren Vertiefungs- und Wahlmodule erforderlich sind.

Anwendungsnahe Kenntnisse werden mit den Pflichtmodulen

- Advanced Downstream Processing
- Energy and Process Engineering Project

vermittelt.

Durch die Vertiefungen in den Modulen werden die Studierenden in die Lage versetzt Projektaufgaben im Zusammenwirken von der technischen, nachhaltigen und ökonomischen Fragestellung zu bearbeiten. Darin sind Gruppenarbeiten, Projektberichte und Präsentation Aspekte der durchzuführenden Arbeiten.

Den Studierenden wird somit ein breiter Überblick über Technologien und darüber hinaus gehenden Aspekten zur stofflichen und energetischen Nutzung nachhaltiger Ressourcen vermittelt. Inhaltlich vermitteln die Module den Pflichtkanon für alle Studierende. Weitere vertiefte Kenntnisse für spezielle Technologien können im Rahmen des Wahlmodul-Katalogs erlangt werden. Mit den erworbenen Kompetenzen aus dem Pflichtteil erreichen die Studierenden somit folgende Kompetenzen aus dem Qualifikationsprofil:

- Sie besitzen ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse und sind in der Lage, diese auf allgemeine und neue technische Fragestellungen anzuwenden.
- Sie besitzen umfassende Kenntnisse in den Bereichen Energietechnik und Verfahrenstechnik und sind in der Lage, neue Problemstellungen bei der Gewinnung, Aufarbeitung, Verarbeitung und Weiterverarbeitung nachhaltiger Rohstoffe und Energieträger in diesen Bereichen selbstständig zu lösen.
- Sie begreifen Verfahren und Produkte als Teil von Wertschöpfungsketten und sind in der Lage, neue Wertschöpfungsketten zu entwickeln.
- Sie verstehen die komplexe Struktur der nachhaltigen Ressourcen und Rohstoffe und können daraus neue sowie Auf- und Weiterverarbeitungsschritte entwickeln.
- Sie sind in der Lage, in Gruppen mit heterogener Struktur mit Fachwissen zu arbeiten.
- Sie können eine Gruppe führen und deren Ergebnisse kommunizieren.

6.2 Wahlmodule 46 CP

Bis zum einschließlich 3. Semester sind neben den **Pflichtmodulen fachspezifische Wahlmodule mit einem Umfang von 46 CP** anrechenbar. In diesen Wahlmodulen können sich die Studierenden entsprechend ihren Interessen spezialisieren oder ihr Grundwissen erweitern. Die Modulgrößen variieren zwischen 3 CP und 6 CP, um den Workload gut balancieren zu können.

a) Fachspezifische Wahlmodule 43 CP - Profilbildung

Die Studierenden können im Bereich der Wahlmodule, je nach Neigung und persönlicher Zielvorstellung, ihre Fachkompetenzen vertiefen. Der Wahlkatalog wird in der FPSO aufgeführt und umfasst Module des TUMCS aus den Bereichen:

- chemischen und biologischen Verfahrenstechnik (Processes)
- Energietechnik (Energy)
- Materialprozesstechnik (Material)
- Nachhaltigkeit und Ökonomie (Sustainability and Economics)

Eine Profilschärfung kann im Rahmen der Wahlmodule von den Studenten individuell und frei gewählt werden. Eine Unterteilung des Studienganges in profilbildende Bereiche erfolgt nicht.

In Informationsmaterialien und der Homepage sowie Veranstaltungen wie der Erstsemesterbegrüßung oder darüber hinaus bei Bedarf in individuellen Gesprächen im Rahmen der Studienberatung wird Hilfestellung zur Gestaltung des persönlichen Profils gegeben. Der Prüfungsausschuss aktualisiert fortlaufend den Fächerkatalog der Wahlmodule.

Profiles	Processes	Energy	Material	Sustainability and Economics
Master 1. Semester	Conceptual Design of Fluid Separation 5 ECTS 4 SWS Pflichtmodul WS	Technical Thermodynamics and Balancing 5 ECTS 5 SWS Pflichtmodul WS	Conceptual Design of Bioprocesses 5 ECTS 4 SWS Pflichtmodul WS	Mechanical Processing of biogenic Materials 5 ECTS 4 SWS Pflichtmodul WS
	Basics of Numerical Methodes 6 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Renewable Utilisation 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Corrosion and Surface Technologies 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Introduction to Management of Renewable Ressources 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS
Master 2. Semester	Advanced Downstream Processing 5 ECTS 4 SWS Pflichtmodul SS	Energy & Economics 5 ECTS 4 SWS Pflichtmodul SS	Sustainable Fibre Technologies 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	
	Carbon Capture, Storage and Utilization 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Energy Efficient Buildings 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Biogas Technology 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Principles of Economics 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS
	Electrobiotechnology 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Modelling and Optimization 6 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Sustainable Energy Materials 6 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS	Sustainability and Law 6 ECTS 4 SWS Wahlmodul SS
Master 3. Semester	Energy and Process Engineering Project 8 ECTS 8 SWS Pflichtmodul WS	Energy Process Engineering 6 ECTS 5 SWS Pflichtmodul WS		
	Production of Renewable Fuels 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Energy and Process Research Lab 8 ECTS 8 SWS Wahlmodul WS		Principles of Life Cycle Assessment 6 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS
	Catalysis 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Geothermal Energy Systems 5 ECTS 4 SWS Wahlmodul WS	Windpower 4 ECTS 2,5 SWS Wahlmodul WS	Operations Research 6 ECTS 4 SWS WS

Abbildung 10: Profilbildende Module im Masterstudiengang Sustainable Energy and Processes.

b) Allgemeinbildende Wahlmodule 3 CP

Neben den technischen Wahlfächern ist auch ein allgemeines Wahlmodul mit einem Umfang von 3 CP anrechenbar. Hier sind grundsätzlich alle Module der TUM einbringbar. Für die angestrebte Horzonterweiterung sollen selbstverständlich keine Module belegt werden, die bereits im Pflichtbereich oder technischen Wahlbereich belegt wurden.

c) Master Thesis 30 CP

Im 4. Semester erfolgt im Regelfall die Anfertigung der Master Thesis, die üblicherweise auf der detaillierten praktischen Bearbeitung einer experimentellen Fragestellung beruht.

Dadurch erreichen die Studierenden folgende Kompetenzen aus dem Qualifikationsprofil:

Integrative Research Institute Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit (TUMCS)

- Die Studierenden sind in der Lage, Forschungsfragen zu identifizieren, Untersuchungen/Experimente zu planen, diese durchzuführen und auszuwerten, sowie die Ergebnisse zu kommunizieren.
- Sie können Forschungsergebnisse wissenschaftlich darstellen.

6.3 Mobilitätsfenster

Durch die vollständig englischsprachige Ausrichtung des Studiengangs wird eine sehr internationale Studentenschaft gebildet. Ein Aufenthalt an einer anderen Universität im In- oder Ausland ist insbesondere im Rahmen des sogenannte Mobilitätsfensters im bevorzugten vierten Semester möglich. Aufgrund der Herkunft der bisherigen Studierenden wird sowohl bei einem Aufenthalt im Inland als auch bei einem Aufenthalt im Ausland eine Internationalisierung des Studierenden gefördert. Der Aufenthalt im vierten Semester ermöglicht auch die Durchführung der Masterarbeit an einer gewählten Universität oder bei einem in- oder ausländischen Unternehmen. Die Durchführung einer Abschlussarbeit an einer anderen Universität oder einem Unternehmen stellt für die Studierenden sowohl eine Herausforderung hinsichtlich selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, Teamarbeit und angewandtes Arbeiten an Technikumsanlagen und Realanlagen dar. Die Grundlagen dafür werden vor allem im dritten Semester in den Modulen Energy and Process Engineering Project (Projekt und Teamarbeit), Energy and Process Research Lab (Arbeiten an Technikumsanlagen) und den Möglichkeiten im Rahmen des Research Internship (angeleitete wissenschaftliche Arbeiten im Rahmen von Projekten) gelegt. Diese erworbenen Qualifikationen können in der Abschlussarbeit ideal angewandt und weiterentwickelt werden. Diese Option wird bei vielen Studierenden sehr nachgefragt und auch bereits durchgeführt. Gerade das Arbeiten an größeren Technikums- und Realanlagen stellt hier eine Weiterqualifikation für die Studierenden dar.

Beispielsweise wird durch die Aufnahme des Moduls Research Internship dem interessierten Studierenden ermöglicht, frühzeitig an Forschungsprojekten direkt mitzuarbeiten und so kooperative Projektpartner kennen zu lernen, bei denen Abschlussarbeiten durchgeführt werden können.

Es bestehen unter anderem Kontakte zur Universität für Bodenkultur in Wien, zum Imperial College London, zur TU Graz, zur University of Queensland sowie zu national und international tätigen Unternehmen.

Wissenschaftliche Arbeiten und Abschlussarbeiten am TUMCS aber auch an auswärtigen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen finden in diesen technischen Bereichen in der Regel immer im Rahmen von Aufgabenstellungen statt, die in technische Entwicklungen und

Forschungsprojekte eingebettet sind. Arbeiten ohne Anwendungsbezug sind nahezu ausgeschlossen, da in der Regel immer ein Bezug zu Projekten und Arbeitsgruppen gegeben ist, so dass auch eine entsprechende Betreuung und eine Kompetenzzugewinn erwartet werden kann.

Am TUMCS erfolgt bei einer Abschlussarbeit eine direkte Einbindung und Betreuung in den Lehrstühlen und Professuren. Für eine Durchführung einer Abschlussarbeit an einer auswärtigen Universität, einer Forschungseinrichtung oder einem Unternehmen ist jeweils eine schriftliche Beantragung und Genehmigung inklusive Aufgabestellung und Betreuungsperson bzw. Professur bei Universitäten am TUMCS erforderlich. Nach Abgabe der Arbeit wiederum ist eine Anerkennung und Benotung durch einen Professor am TUMCS erforderlich und gewährleistet. Bei einer Abschlussarbeit an einer externen Universität ist zusätzlich eine Benotung eines Professors an der auswärtigen Universität vonnöten. Im Rahmen der Beantragung und Genehmigung am TUMCS wird sichergestellt, dass für die Studierenden an auswärtigen Universitäten eine Betreuung gegeben ist. Am TUMCS erfolgt für auswärtigere Arbeiten begleitend eine Betreuung durch regelmäßige Kontakte während der Durchführung der Arbeiten.

Die Anerkennung der erbrachten Studienleistung erfolgt über die Beratungsstelle Auslandsaufenthalte/Internationalisierung. Die Auslandsbeauftragten beraten und unterstützen Studierende bei der Planung und Abwicklung von Auslandsaufenthalten. Die Auslandsbeauftragten sind zudem Ansprechpartner für die individuellen Learning Agreement der Studierenden vor Antritt eines Erasmus-Austauschs. Im Learning Agreement wird bereits vor dem Auslandsaufenthalt geklärt, welche Module der Gastuniversität in den Studiengang des Studierenden eingebracht werden können.

6.4 Musterstudienplan

Anhand des beispielhaften Studienverlaufsplans in Abbildung 11 kann die Studierbarkeit des Studiengangs nachvollzogen werden. Im Rahmen der Erstellung der Stundenpläne wird darauf geachtet, dass die Studierenden möglichst Präsenzzeitblöcke vorfinden und keine Zersplitterung der Tagespläne.

Semester	Module						Credit Points / Prüfungsanzahl
1.	Conceptual Design of Fluid Separation Mündliche P 5 CP	Technical Thermodynamics and Balancing Schriftliche P 5 CP	Mechanical Processing of Biogenic Materials Schriftliche P 5 CP	Conceptual Design of Bioprocesses Schriftliche P 5 CP	Corrosion and Surface Technologies Schriftliche P 5 CP	Introduction to Management of Renewable Resources Schriftliche P 5 CP	30/6
2.	Energy & Economics Schriftliche P 5 CP	Advanced Downstream Processing Schriftliche P 5 CP	Carbon Capture, Storage and Utilization Mündliche P 5 CP	Biomass Technology Schriftliche P 5 CP	Sustainable Fibres Technologies Schriftliche P 5 CP	Principles of Economics Schriftliche P 5 CP	30/6
3.	Energy & Process Engineering Project Projektarbeit 8 CP	Energy Process Engineering Schriftliche P 6 CP	Energy and Process Research Lab Laborarbeit 8 CP		Research Internship Bericht 5 CP	Englisch - Intensive Thesis Writers' Workshop C2 Schriftliche P 3 CP	30/5
4. Mobilitätsfenster	Master's Thesis 30 CP						30/1

Legende:	Pflichtmodul	Wahlmodul technisch	Wahlmodul allgemein	Master's Thesis
----------	--------------	---------------------	---------------------	-----------------

Abbildung 11: Beispielhafter Studienplan für den Masterstudiengang Sustainable Energy and Processes mit Pflicht- und ausgewählten Wahlmodulen.

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Organisatorisch und fachlich ist der Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* dem TUMCS zugeordnet.

Der TUMCS bietet derzeit folgende Studiengänge an:

- B.Sc. Chemical Biotechnology
- B.Sc. Sustainable Management and Technology (TUM School of Management)
- B.Sc. Sustainable Engineering und Material Processes
- 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 vermieden.

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:

- Allgemeine Studienberatung: zentral:
Studienberatung und -information (TUM CST)
studium@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
bietet Informationen und Beratung für:
Studieninteressierte und Studierende
(über Hotline/Service Desk)
- Fachstudienberatung: Andrea Dietl, tbr@cs.tum.de
Tel.: +49 9421 187 157
- Student Office, Infopoint oder Ähnliches:
Elke Nothhaft, studentservice@cs.tum.de
Tel.: +49 9421 187 147

- Beratung Auslandsaufenthalt/Internationalisierung:
 - zentral: TUM Global & Alumni Office
internationalcenter@tum.de
 - dezentral: Olivia Chia-Leeson,
international@cs.tum.de , Tel.: +49 9421 187 164
- Frauenbeauftragte: Prof. Dr. Hubert Röder
hubert.roeder@hswt.de, Tel.: +49 9421 187 260
- Beratung barrierefreies Studium: zentral: Servicestelle für behinderte und chronisch kranke Studierende und Studieninteressierte (TUM CST)
Handicap@zv.tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22737
- Bewerbung und Immatrikulation: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)
studium@tum.de
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
Bewerbung, Immatrikulation, Student Card, Beurlaubung, Rückmeldung, Exmatrikulation
- Eignungsverfahren: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)
dezentral: Andrea Dietl
tbr@cs.tum.de; Tel.: +49 9421 187 157
- Beiträge und Stipendien: zentral: Beiträge und Stipendien (TUM CST)
beitragsmanagement@zv.tum.de
Stipendien und Semesterbeiträge
- Zentrale Prüfungsangelegenheiten: zentral: Zentrale Prüfungsangelegenheiten (TUM CST), Campus Freising
Abschlussdokumente, Prüfungsbescheide, Studienabschlussbescheinigungen
- Dezentrale Prüfungsverwaltung: Elke Nothaft, Eva Held, Dr. Daniela Hutterer
exams@cs.tum.de
Tel.: +49 9421 187 147
- Prüfungsausschuss: Prof. Dr. Cordt. Zollfrank, TUM (Vorsitzender)
Dr. Daniela Hutterer, TUM (Schriftführerin)

- Qualitätsmanagement:

zentral: Qualitätsmanagement (TUM CST)

<https://www.tum.de/studium/tumcst/teams-cst/>

dezentral:

Studiendekan Prof. Dr. Cordt Zollfrank

studiendekan@cs.tum.de

Tel.: +49 9421 187 450

QM-Beauftrage, Organisation QM-Zirkel

Dr. Verena Schüller, Andrea Dietl

qm@cs.tum.de

Evaluationsbeauftragte

Andrea Dietl und Andreas Niedermeier

evaluation@cs.tum.de

8 Entwicklungen im Studiengang

Der Masterstudiengang *Sustainable Energy and Processes* ist eine Weiterentwicklung im Rahmen der Neuakkreditierung 2025 des Studiengangs *Technology of Biogenic Resources*. Der Studiengang *Technology of Biogenic Resources* entstand aus dem Vorläuferstudiengang *Nachwachsende Rohstoffe*. Die Geschichte dieses Vorläuferstudiengangs ist im Folgenden zusammengefasst:

- Einrichtung im Wintersemester 2008/2009 mit Zuordnung zum Wissenschaftszentrum Weihenstephan. Der Studiengang ist örtlich komplett am ehemaligen Wissenschaftszentrum Straubing studierbar.
- Zum Wintersemester 2017/2018 gründet sich aus dem ehemaligen Wissenschaftszentrum Straubing der TUM Campus Straubing als Integrative Research Center der TUM mit eigener Studienfakultät. Der Studiengang wird organisatorisch nach Straubing umgesetzt.

Es wurde beschlossen, die Bachelor- und Masterstudiengänge *Nachwachsende Rohstoffe* stärker technisch auszurichten und die ökonomischen Inhalte entsprechend in anderen Studiengängen zu konzentrieren. Diese Änderungen traten ab dem Wintersemester 2020/2021 in Kraft. Die Studiengänge wurden in *Technologie biogener Rohstoffe / Technology of Biogenic Resources* umbenannt. Der Masterstudiengang wird bereits auf Englisch angeboten.

Die Erfahrungen in den Diskussionen mit den Studierenden sowie die internationalen wirtschaftlichen Entwicklungen im Kontext der Nachhaltigkeit zeigen, dass der Fokus auf Biogenic Resources für eine Akzeptanz des Abschlusses in der Industrie aber auch an Universitäten deutlich zu eng gefasst ist und den Anforderungen der studentischen Ausbildung nicht gerecht wird. Durch die teilweise sehr unterschiedlichen Ausbildungen der Studierenden auf Bachelorniveau zeigt sich, dass es für das Erreichen eines qualifizierten Abschlusses erforderlich, sehr relevante Inhalte stärker im Master zu integrieren und strukturiert Pflichtfächer zu verorten.

Daher wurde nun beschlossen im Rahmen des Studiengangs, aufbauend auf den bisherigen Inhalten, ein breiteres und damit darüber hinaus gehendes Ausbildungsangebot zu gestalten, dass den Anforderungen besser entspricht. Damit verbunden ist auch eine erforderliche Änderung des Namens des Masterstudiengangs in *Sustainable Energy and Processes*.

Insbesondere wurden folgende Veränderungen durchgeführt:

- **Stärkung technischer Grundlagen im Master**

Bisherige Erfahrungen mit den Studierenden zeigten, dass deren Qualifikation sowohl bezogen auf deren Ausbildung auf Bachelorniveau am Studienbeginn des Masters sowie am Ende des Masters vielfach nicht den erwartenden Anforderungen entsprechen. Die Ursache dafür liegt vielfach an der sehr unterschiedlichen Qualifizierung der Studierenden auf Bachelorniveau. Diese entspricht vielfach nicht den erwartenden Anforderungen, da es meist insbesondere an gewissen Grundlagen bezüglich der Verfahrenstechnik und der Thermodynamik mangelt. Um die verfahrens- und energietechnischen Erfordernisse im Master anzupassen, sind im ersten Semester die vier Module *Technical Thermodynamics and Balancing*, *Conceptual Design of Fluid Separation*, *Conceptual Design of Bioprocesses* und *Mechanical Processing of biogenic Materials* als Pflichtfächer vorhanden. Die Integration vergleichbarer Module mit einem anteiligen technischen Grundlagencharakter im Masterbereich findet sich mittlerweile vielfach in internationalen Studiengängen, beispielsweise auch am TUM Masterstudiengang Power Engineering oder am Masterstudiengang Chemical Engineering des Imperial Collage.

- **Verstärkte Integration von Modulen zur Digitalisierung**

Der Aspekt der Digitalisierung ist auch im Bereich der Energie und Prozesse von hoher Bedeutung. Dieser Bereich wurde gestärkt durch die Integration der Wahlmodule *Basics of Numerical Methodes* im ersten Semester, *Modelling and Optimization of Energy Systems and Processes* im zweiten Semester und *Artificial Intelligence for Biotechnology* im dritten Semester. Die Module sind inhaltlich so angeordnet, dass diese sich fachlich ergänzen.

- **Stärkung praktisch und anwendungsorientiert ausgerichteter Module**

Um die bei den Studierenden sehr beliebte praktische und anwendungsorientierte Ausbildung zu stärken, sind die Module *Energy and Process Engineering Project*, *Energy and Process Research Lab* und *Research Internship* integriert.

Das Modul *Energy and Process Engineering Project* ersetzt das bisherige Modul *Design Project*. Auf Basis der Erfahrungen mit dem bisherigen Modul wurde die Struktur in Herangehensweise für die Studierenden durch die Integrationen eines Vorlesungs- und Übungsteils verbessert und an die Anforderungen angepasst. Das Modul stellt einen sehr wesentlichen Aspekt in der Qualifizierung im Master dar und wurde sowohl seitens der ECTS aufgewertet sowie aus diesem Grund als Pflichtfach integriert.

Ebenso wurde das Modul *Energy and Process Research Lab* aufgewertet und aufgrund der neuen Professuren in der Anzahl der ECTS erhöht.

Das Modul *Research Internship* wurde neu eingeführt und ermöglicht eine individuelle Mitarbeit von Studierenden in Projekten der Lehrstühle und Professuren.

- **Profilbildung in den Fachbereichen Processes, Energy, Materials und Sustainability and Economics**

Die profilbildenden Fachbereiche *Processes, Energy, Materials und Sustainability and Economics* wurden deutlich ingenieursorientierter und deutlich in Bezug auf Energie und Prozesstechnik strukturiert eingeführt. Es wurde auch darauf geachtet, dass die Anzahl der Module und insbesondere die Anzahl der Prüfungen der erforderlichen Qualifizierung entspricht und angepasst ist.

Für die **Profilbildung Processes** sind insbesondere die Module *Conceptual Design of Fluid Separation, Conceptual Design of Bioprocesses, Mechanical Processing of biogenic Materials, Advanced Downstream Processing, Carbon Capture Storage and Utilization, Modelling and Optimization of Energy Systems and Processes, Electrobiotechnology, Production of Renewable Fuels, Catalysis* sowie die drei praktisch und anwendungsorientiert ausgerichteten Module im dritten Semester.

Für die **Profilbildung Energy** sind die Module *Technical Thermodynamics and Balancing, Energy & Economics, Energy Efficient Buildings, Biogas Technology, Energy Process Engineering, Geothermal Energy Systems* sowie die drei praktisch und anwendungsorientiert ausgerichteten Module im dritten Semester. Bei der Profilbildung Energy wurden einige vorhandene Doppelungen herausgenommen und Module teilweise neu zusammengefasst. Das Modul *Energetic use of Biomass and Residuales* wurde aufgrund einer starken inhaltlichen Überlappung in das Modul *Energy Process Engineering* integriert und entfällt zukünftig. Das Modul *Energy & Economics* ist ein wichtiges Fachmodul und baut u. a. auf dem Modul *Technical Thermodynamics and Balancing* auf und wurde daher als bedeutendes Pflichtfach in das zweite Semester integriert. Durch die Öffnung des Masters zur Sustainability haben nun auch die Module *Energy Efficient Buildings, Geothermal Energy Systems* und *Windpower* eine klare starke Bedeutung im Studiengang. Darüber hinaus wird im Wahlbereich auch die Integration der beiden Module *Renewable Energy Technology I* und *II* in Kooperation mit der SOED - Lehrstuhl Energiesysteme - eingeplant.

Für die **Profilbildung *Material*** wird auf eine sehr starke prozessorientierte Qualifizierung geachtet. Ab Winter 2024 ist die neue Professur für *Particle and Fiber Technology for bio-based Materials* am TUMCS verfügbar und aktuell eine Professur für *Sustainable Material Process Engineering* ausgeschrieben, die voraussichtlich mit Winter 2025 besetzt werden kann. Die Angebote dieser beiden Professuren erweitern das Modulangebot insbesondere in Bezug auf die Profilbildung *Processes* und *Materials*. Die Module für die Profilbildung *Materials* sind insbesondere *Mechanical Processing of biogenic Materials, Renewable Utilisation, Corrosion and Surface Technologies, Sustainable Fibre Technologies, Sustainable Energy Materials* sowie zwei ab Winter 2025 vorgesehene Module der zukünftigen Professur *Sustainable Material Process Engineering* mit den derzeitigen Arbeitstiteln *Material Process Engineering* und *Recycling Technologies*.

Diese beiden Module werden jedoch noch nicht im Modulplan aufgenommen, sind jedoch bereits für das zweite Semester eingeplant. Für die Profilbildung *Material* stehen ebenfalls die drei praktisch und anwendungsorientiert ausgerichteten Module im dritten Semester zur Verfügung.

Für die **Profilbildung *Sustainability and Economics*** sind die Module *Introduction to Management of Renewable Resources, Principles of Economics, Sustainability and Law, Principles of Life Cycle Assessment* und *Operations Research* komplett neu anhand der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse angeordnet und integriert. Schnittstellenmodule von der Ökonomie zur Technik sind das Modul *Energy & Economics* sowie das Modul *Energy and Process Engineering Project*.