# Studiengangsdokumentation Masterstudiengang Mathematics in Science and Engineering

Teil A

TUM School of Computation, Information and
Technische Universität München

## Allgemeines:

| | |
|---|---|
| Organisatorische Zuordnung: | TUM School of Computation, Information and Technology |
| Bezeichnung: | Mathematics in Science and Engineering |
| 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) 2007/2008 |
| Sprache: | Englisch/Deutsch |
| Hauptstandort: | Garching |
| | |
| Academic Program Director: | Prof. Dr. Rudi Zagst |
| Program Director: | Prof. Dr. Barbara Wohlmuth |
| | Prof. Dr. Michael Ulbrich |
| | |
| Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument: | |
| | Prof. Dr.-Ing. Rainer Callies |
| | E-Mailadresse: callies@ma.tum.de |
| | Telefonnummer: +49 89 289 18402 |
| Stand vom: | 16.01.2024 |

# Inhaltsverzeichnis

**1 Studiengangsziele ..... 4**

1.1 Zweck des Studiengangs ..... 4

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs ..... 6

**2 Qualifikationsprofil ..... 9**

**3 Zielgruppen ..... 12**

3.1 Adressatenkreis ..... 12

3.2 Vorkenntnisse ..... 13

3.3 Zielzahlen ..... 14

**4 Bedarfsanalyse ..... 17**

**5 Wettbewerbsanalyse ..... 19**

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse ..... 19

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse ..... 21

**6 Aufbau des Studiengangs ..... 24**

**7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten ..... 37**

**8 Entwicklungen im Studiengang ..... 40**

# 1 Studiengangsziele

## 1.1 Zweck des Studiengangs

Die Mathematik und ihre Methoden sind in den Natur- und Ingenieurwissenschaften allgegenwärtig. Sie bilden die Grundlage für viele Innovationen und Entwicklungen. Mathematische Modelle werden beispielsweise verwendet, um physikalische Phänomene und chemische Prozesse zu analysieren, sie beschreiben das Zusammenspiel von Bauelementen im Maschinenwesen, sie erlauben die Simulation der Abnutzung künstlicher Hüftgelenke ebenso wie die Vorhersage des Verhaltens von elektronischen Schaltungen oder von Strömungen im Oberflächen- und Grundwasser.

Für eine Vielzahl von industriellen und natürlichen Prozessen müssen derartige mathematische Modelle zunächst erstellt und anschließend mit Hilfe komplexer mathematischer Methoden weiter aufbereitet werden. Erst dann ist eine Simulation und Optimierung unter Verwendung moderner numerischer Algorithmen am Computer möglich. Häufig müssen bestehende mathematische Methoden und numerische Verfahren kritisch überdacht und weiter- oder gleich neuentwickelt werden.

An Forschungsinstituten, in der universitären Forschung sowie in den Entwicklungslabors großer Unternehmen ist diese Vorgehensweise bereits Alltag. Der Einsatz rechnergestützter Verfahren etwa zur Simulation und Optimierung nimmt hier eine herausragende Rolle ein. Neue Produktionsverfahren, industrielle oder natürliche Prozesse, Methoden oder technische Designs werden zunächst im Rechner simuliert und optimiert, um kostspielige, langwierige oder technisch nicht realisierbare Experimente zu ersetzen. Ein aktuelles Beispiel ist die Entwicklung von hochbelastbaren individualisierten Metallbauteilen mittels der additiven Fertigung.

Ein wesentliches Ziel des viersemestrigen Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering* ist es, durch die Ausbildung hochqualifizierter Absolventinnen und Absolventen einen Beitrag zu leisten, damit das oben geschilderte Vorgehen, welches zukünftig entscheidend für die Konkurrenzfähigkeit ganzer Industriezweige sein wird, sowohl in Großunternehmen als auch in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) praktiziert werden kann. Gerade im Umfeld der KMUs gibt es teilweise immer noch Vorbehalte gegen den Einsatz von klassisch ausgebildeten Mathematikerinnen und Mathematikern wegen deren vermeintlicher Theorielastigkeit.

In dem interdisziplinär ausgerichteten Masterstudiengang sollen die Studierenden zu innovativ denkenden, anwendungsorientierten sowie forschungsbefähigten (Techno-)Mathematikerinnen und Mathematikern ausgebildet werden, die mathematische Methoden (Modelle) zur Analyse und Weiterentwicklung komplexer technischer Zusammenhänge einsetzen können. Als Expertinnen und Experten an der Schnittstelle zwischen Mathematik, Technik und Naturwissenschaft sollen sie ingenieur- und naturwissenschaftliche Fragestellungen in mathematische Modelle umsetzen, analysieren und aufgrund ihrer fundierten Kenntnisse der jeweils anderen Fachdisziplin die oben genannten Barrieren abbauen. Absolventinnen und Absolventen sollen im praktischen Miteinander als Gesprächspartnerinnen bzw. -partner von Technikerinnen bzw. Technikern vor allem in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen (der Industrie, von Unternehmen, Beratungsfirmen etc.) auftreten. Das Studium ist wissenschaftsbasiert, forschungsorientiert, aber auch anwendungsnah.

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* bietet als Kern eine umfassende Ausbildung in angewandter Mathematik an (etwa in angewandter Analysis und Geometrie, in der Modellierung und nichtlinearen Optimierung, in der numerischen Mathematik und dem

wissenschaftlichen Rechnen). Gleichzeitig sollen die Absolventinnen und Absolventen in die Lage versetzt werden, in gewissem Umfang auch Aufgaben im Ingenieurbereich bzw. in den naturwissenschaftlichen Anwendungen übernehmen zu können. Wesentliches Instrument hierfür ist das Konzept des Anwendungsschwerpunktes (vgl. Abschnitt 1.2), das auf ein fokussiertes Studium in einem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Anwendungsbereich (beispielsweise in der Strukturmechanik, Materialwissenschaften oder Medizintechnik) abzielt. Damit soll eine Ausbildung auf einem fachlichen Niveau garantiert werden, das – allerdings beschränkt auf den jeweiligen Spezialisierungsbereich - mit dem einer bzw. eines Studierenden etwa des Masters im Maschinenwesen vergleichbar ist. Entscheidend bei alledem ist jedoch, dass die Studierenden trotz des ungewöhnlich ausgeprägten Anwendungsbezuges fest in der Mathematik verwurzelt bleiben. Sie erhalten im Bereich der Angewandten Mathematik eine ebenso umfangreiche und tiefgehende Ausbildung wie ihre Kolleginnen und Kollegen, die sich für den klassischen Mathematikstudiengang entschieden haben. Fächerübergreifende Softskills sowie die nachdrückliche Förderung von Industriepraktika und Auslandsaufenthalten runden das Studium ab.

Ein weiteres Ziel des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* ist die Forschungsbefähigung der Absolventinnen und Absolventen und dient so auch dem zentralen Ziel der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Die angewandte Analysis, die numerische Mathematik mit dem wissenschaftlichen Rechnen und die Optimierung sind zentrale Forschungsschwerpunkte des Departments für Mathematik. Damit sind für die Studierenden des Studiengangs optimale Ausgangsbedingungen für eine Forschungstätigkeit in der Angewandten Mathematik geschaffen. Durch den starken Anwendungsanteil und die Betonung von fächerübergreifenden Kompetenzen sollen die Studierenden darüber hinaus auch an die Forschung und die wissenschaftliche Kultur im Anwendungsbereich herangeführt und in aktuelle Forschungsarbeiten einbezogen werden. Somit kann der Studienabschluss selbstverständlich auch als Basis für eine weitere wissenschaftliche Laufbahn dienen, etwa durch eine anschließende Promotion in Mathematik oder in dem natur- oder ingenieurswissenschaftlichen Anwendungsfach.

Das Studienkonzept mit großem Praxisbezug ist augenscheinlich auch sehr attraktiv für exzellente Absolventinnen und Absolventen der Fachhochschulen. Es eröffnet ihnen mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* einen Karrierepfad in die klassischen Universitäten und trägt damit zur Durchlässigkeit zwischen den Hochschultypen bei.

## 1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Die Technische Universität München hat sich in ihrem Leitbild der Verknüpfung von exzellenter Forschung und Lehre verpflichtet. Entsprechend diesem Leitbild bietet die School of Computation, Information and Technology (CIT) ihren Studierenden mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* eine exzellente, forschungsnahe Ausbildung und schlägt gleichzeitig Brücken zwischen theoretischem Verständnis und praktischen Anwendungen. Es sollen sowohl die Sicherstellung der höchsten Qualität einer wissenschaftsgetriebenen Ausbildung als auch die Befähigung, theoretisch komplexe Konzepte angemessen auf Realweltprobleme anzuwenden, im Fokus stehen. Die Gewährleistung von hochqualifiziert ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen ist nur mit moderner und exzellenter Lehre in Kombination mit hervorragender Forschungsleistung der Lehrenden möglich – das Professional Profile (PP) Mathematik, das als international kompetitives Zentrum insbesondere für angewandte und interdisziplinäre mathematische Lehre und Forschung in Deutschland zur Spitzengruppe gehört, ist hierzu bestens gerüstet (Stand April 2023: 5 ERC Grants, 2 DFG Sonderforschungsbereiche, 1 DFG Graduiertenkolleg sowie das DFG Exzellenzcluster „Munich Center for Quantum Science and Technology“).

Mit seiner Lehrstrategie verfolgt das PP Mathematik ein Y-Modell (vgl. Abbildung 1), in das sich der Master *Mathematics in Science and Engineering* als einer von zwei spezialisierten Mathematik-Masterstudiengängen einfügt.

- Das Y-Modell sieht vor, dass auf den grundständigen Mathematik-Bachelorstudiengang entweder der insgesamt eher breit ausgerichtete, allgemeine Masterstudiengang Mathematik (eher forschungsorientiert) oder einer der spezialisierten Masterstudiengänge mit angewandtem Profil (eher berufsorientiert) folgt.
- Die spezialisierten Masterstudiengänge (*Mathematical Finance and Actuarial Science* und *Mathematics in Science and Engineering*) zeichnen sich durch die Konzentration auf jeweils einen konkreten, mathematischen Anwendungsbereich aus (z.B. Statistik im *Master Finance and Actuarial Science*) sowie durch ein klares Ausbildungsprofil für bestimmte berufliche Tätigkeitsfelder. Entsprechend der jeweiligen Anwendungsfelder wird dabei großer Wert auf eine fachübergreifende Ausbildung gelegt. Die spezialisierten Masterstudiengänge sind für Studierende geeignet, die sich zu Beginn ihres Masterstudiums entscheiden, einen klaren Fokus auf die Anwendung der Mathematik zur Lösung wissenschaftlicher und technischer Probleme zu legen.
- Demgegenüber zielt der Master Mathematik zum einen auf eine breitere mathematische Ausbildung ab (d.h. es muss eine gewisse Breite durch die Fächerwahl in relevanten Kern- bzw. Schwerpunktbereichen der Mathematik abgedeckt werden bei gleichzeitiger Vertiefung in gewählten Bereichen). Zum anderen können Studierende neuerdings in einem der Bereiche einen Schwerpunkt setzen und diesen (allerdings ohne die notwendige fachliche „Breitenabdeckung“) vertieft studieren. Im Gegensatz zum Master *Mathematics in Science and Engineering* enthält die Ausbildung im Master *Mathematik* auch deutlich Elemente der mehr theoretischen Mathematik wie Algebra oder Topologie.

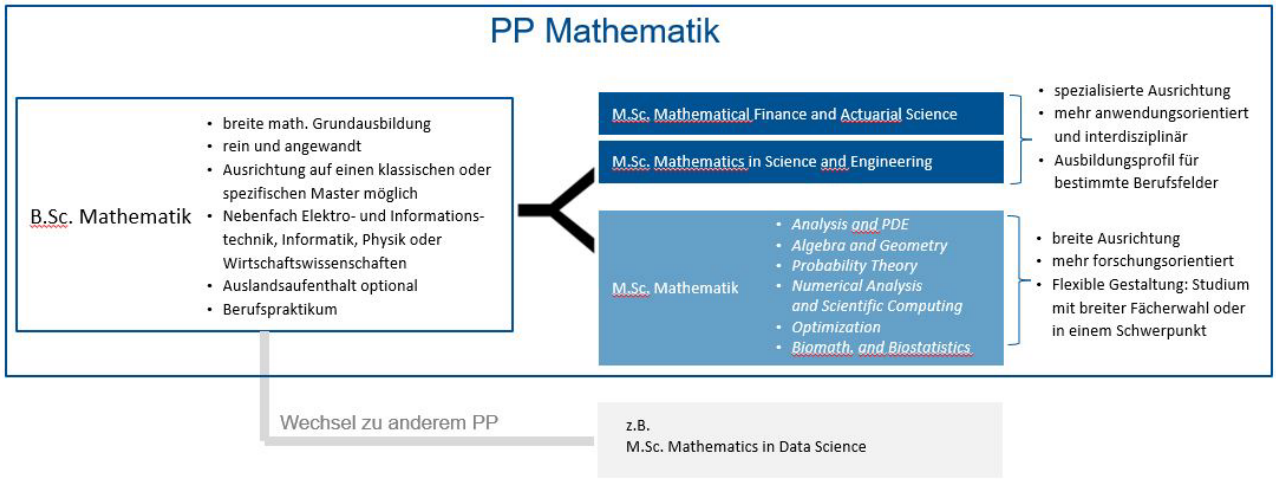



Abbildung 1: Schematische Darstellung der Lehrstrategie des PP Mathematik

Die interdisziplinäre Komponente des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* fördert und festigt die Zusammenarbeit der Mathematik mit den natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Departments - insbesondere

- den Departments der School of Engineering and Design,
- den Departments CS, CE und EE innerhalb der School of Computation, Information and Technology,
- der School of Medicine and Health sowie
- dem Department für Physik.

Dabei zielt das schoolübergreifende Schwerpunktkonzept im Anwendungsfach (vgl. auch Abschnitt 1.1) darauf ab, dass im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* auch im Bereich des ingenieur- und naturwissenschaftlichen Anwendungsschwerpunktes auf Masterniveau des jeweiligen Nebenfaches ausgebildet werden soll, ohne die Qualität der mathematischen Ausbildung in der *Angewandten Mathematik* als zentralen Kern des Studiums aus dem Fokus zu verlieren: Ziel ist nicht das „Kennenlernen“ verschiedener ingenieur- bzw. naturwissenschaftlicher Grundlagen in den jeweiligen Anwendungsfächern, sondern mit Hilfe einer intensiven studienbegleitenden Betreuung eine hohe Ausbildungsqualität in einem individuell nach den persönlichen Neigungen und Berufsvorstellungen der/des Studierenden zusammengestellten Bereich, in dem die/der Studierende später sofort beruflich einsetzbar ist. Zudem ermöglicht das Konzept des individuell ausgestalteten Anwendungsschwerpunktes, zeitlich flexibel auf neue gesellschaftliche und technologische Anforderungen und Entwicklungen (z.B. autonomes Fahren Umweltschutz, Quantencomputing) zu reagieren und gezielt Nischen für die Absolventinnen und Absolventen zu besetzen. Hier kann das Department für Mathematik das exzellente, breite Ingenieursportfolio der beteiligten TUM-Schools und die breite Forschungsqualität im naturwissenschaftlichen Bereich nutzen. Dieses Konzept an der Technischen Universität München ist ein Alleinstellungsmerkmal im Bereich der Technomathematik (vgl. auch Abschnitt 5).

Gemäß dem strategischen Ziel, den wissenschaftlichen Nachwuchs durch eine stets auch forschungsnahe Ausbildung zu fördern, kann der Studienabschluss selbstverständlich auch als

Basis für eine weitere wissenschaftliche Laufbahn dienen, etwa durch eine anschließende Promotion in Mathematik oder in einem der natur- oder ingenieurswissenschaftlichen Anwendungsfächer (etwa 35% der Studierenden entscheiden sich nach ihrem Studium aktuell für eine anschließende Promotion). Bemerkenswert in diesem Zusammenhang: Mehr als ein Drittel aller Doktorandinnen und Doktoranden des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* wechseln für die Promotion an ein nicht-mathematisches Department, auch in Bezug auf diese Zielsetzung wird dementsprechend eine schoolübergreifende Wirkung erzielt.

Sowohl die TUM als auch das Department of Mathematics legen einen Schwerpunkt auf die internationale, weltoffene Vernetzung und nutzen internationale Allianzen mit führenden Lehr- und Forschungseinrichtungen. Demgemäß spielt auch die Mobilität im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* eine große Rolle und den Studierenden kommen die vielen engen universitären Kooperationen weltweit zu Gute (z.B. Double Degree Programm mit KTH Royal Institute of Technology (Schweden); Studentenaustausch mit National University of Singapore (Singapur), ETH Zürich (Schweiz), University of Copenhagen (Dänemark)). Dadurch steht eine große Auswahl an Austauschplätzen zur Verfügung, die die Studierenden neben dem Studium auch zum Sammeln interkultureller Erfahrungen nutzen können. Die dafür notwendigen Freiräume und die spätere Anerkennung der im Ausland erbrachten Leistungen sind im Konzept verankert. Gute Studierende des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* werden sogar ausdrücklich dazu ermutigt, einen oder sogar mehrere Auslandsaufenthalte in ihr Studium zu integrieren. Konzeptionell ist diese Möglichkeit durch Mobilitätsabschnitte im Studiengang verankert (Details dazu sind in Abschnitt 6 beschrieben), die Studierenden werden außerdem bei Planung und Vorbereitung ihres Auslandsaufenthalts durch ein enges Netz an Beratungsangeboten seitens des Departments unterstützt. Neben der Netzwerkbildung werden im Master *Mathematics in Science and Engineering* somit auch Weltoffenheit und kulturelle Toleranz gefördert und der Dialog zwischen jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vorangetrieben.

# 2 Qualifikationsprofil

Das nachfolgende Qualifikationsprofil entspricht inhaltlich den Vorgaben des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmen – HQR) gemäß Beschluss vom 16.02.2017 der Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz 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 (FPSO) ausgeführt.

## (I) Wissen und Verstehen

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* verfügen über eine hochqualifizierte Ausbildung in der Angewandten Mathematik auf dem neuesten Stand des Wissens. Sie besitzen fortgeschrittene theoretische, methodische und praktische Kompetenzen und Fertigkeiten unter anderem in der Angewandten Analysis (z.B. Funktionalanalysis), in der Numerischen Analysis und dem Wissenschaftlichen Rechnen (z.B. Finite Element Methoden) sowie in der Optimierung (z.B. Nichtlineare/Nichtglatte Optimierung). Insbesondere sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage, auch komplizierte anwendungs- und forschungsorientierte Problemstellungen der Angewandten Mathematik zu verstehen. Sie besitzen detailliertes Wissen über mathematische Modelle und Methoden, kennen aber auch die Grenzen ihrer Einsetzbarkeit und können dementsprechend diese kritisch beurteilen.

Darüber hinaus verfügen die Absolventinnen und Absolventen über fundiertes Fach- und Methodenwissen auf hohem fachlichen Niveau in einem individuell gewählten technisch-naturwissenschaftlichen Anwendungsschwerpunkt. Naturgemäß unterscheidet sich das angeeignete Wissen im Anwendungsfach je nach Schwerpunktwahl. Typische Schwerpunkte entstammen den Bereichen der Strukturmechanik, der Medizintechnik oder der Physik, aber auch sehr individuelle Anwendungsschwerpunkte wie Additive Fertigung, Psychoakustik, Konzerthallenbau, Nanosensorik oder Verkehrsplanung und Eisenbahnbau wurden bereits realisiert.

Beispielhafte Fähigkeiten und Kompetenzen aus den individuell gewählten Anwendungsschwerpunkten können sein:

Absolventinnen und Absolventen, die ihren Anwendungsschwerpunkt in den Bereich der modernen Compositwerkstoffe (Teilbereich der Strukturmechanik) gelegt haben, besitzen ein vertieftes Wissen über die Modellierung der Topologie und über das Verhalten der unterschiedlichen Materialien an den Grenzflächen, das für eine aussagekräftige mathematische Simulation notwendig ist.

Absolventinnen und Absolventen, die ihren Anwendungsschwerpunkt in den Bereich von maßgeschneiderten, sogenannten Custom-Implantaten (Teilbereich der Medizintechnik) gelegt haben, besitzen ein vertieftes Verständnis von den medizinischen Grundlagen und den Restriktionen in diesem Bereich. Diese sind notwendig für eine sinnvolle mathematische Simulation des Einsatzverhaltens und der Lebensdauer der Implantate und ihrer biologischen Unbedenklichkeit.

Absolventinnen und Absolventen, die ihren Anwendungsschwerpunkt in den Bereich der Erzeugung von Strukturen im Submikro- bis Nanobereich mit Anwendung in der Halbleiterphysik (Teilbereich der Physik) gelegt haben, besitzen ein vertieftes Wissen über die physikalischen Effekte in diesem

Bereich. Diese sind unerlässlich u.a. für eine präzise mathematische Simulation, da sich das Halbleiterverhalten hier ganz wesentlich von dem makroskopischer Strukturen unterscheidet.

### (II) Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen

Hinsichtlich des Einsatzes, der Anwendung und der Erzeugung von Wissen sind die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* in der Lage, ihr erworbenes Fachwissen auf verwandte und neue Fragestellungen vor allem im Bereich der Angewandten Mathematik (z.B. in den Bereichen der dynamischen Systeme oder der partiellen Differentialgleichungen) anzuwenden und bei Bedarf zu erweitern. Des Weiteren besitzen sie die Fähigkeiten (z.B. in der Modellbildung oder in der Entwicklung von algorithmischen Ansätzen in der Numerik und der Optimierung) und das Wissen (z.B. über die Anwendbarkeit und Grenzen bestehender mathematischer Ansätze), um neue anwendungs- und forschungsrelevante Fragestellungen in der Angewandten Mathematik zu formulieren. Sie verfügen über die notwendigen Kompetenzen und das mathematische Abstraktionsvermögen, derartige Fragestellungen mathematisch zu erfassen, zu analysieren und basierend darauf leistungsfähige mathematische Modelle neu zu entwickeln. Diese Modelle bilden unter anderem die Basis für numerische Simulationen (z.B. von dynamischen Systemen oder physikalischen Prozessen) oder für weiterführende Optimierungsaufgaben (z.B. in den Bereichen der optimalen Steuerung oder der Formoptimierung). In diesem Zusammenhang sind die Absolventinnen und Absolventen nicht nur fähig, erlernte mathematische Methoden (z.B. Monte Carlo Methoden, Finite Elemente Methoden oder Verfahren aus der nichtlinearen/nichtglatten Optimierung) anzuwenden und zu implementieren (z.B. in Matlab, Python oder C/C++), sondern auch kritisch hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zu beurteilen und falls nötig weiterzuentwickeln.

Durch den gewählten Anwendungsschwerpunkt im Nebenfach können die Absolventinnen und Absolventen aus Problemen, die ihnen die Anwender (z.B. aus den Bereichen Strukturmechanik, Medizintechnik oder Physik) in einer anwendungsbezogenen und oft nur verbalen Form schildern, in einem Dialogprozess den mathematischen Kern herausfiltern und eine präzise mathematische Fragestellung extrahieren. Deren Beantwortung leistet einen wesentlichen Beitrag zur Lösung des Anwendungsproblems. Für diese mathematische Fragestellung können sie wiederum mathematische Modelle erstellen, auf welche die oben beschriebene Vorgehensweise anwendbar ist. Die neu gewonnenen mathematischen Modelle vermögen sie mit Hilfe komplexer mathematischer Verfahren in Hinblick auf eine anschließende Lösung aufzubereiten. Die Lösung erzielen sie entweder in geschlossener Form oder näherungsweise mit Hilfe geeigneter Software, wobei sie in der Lage sind, je nach Fragestellung Teile dieser Software selbst zu entwickeln.

### (III) Kommunikation und Kooperation

Neben der fachlichen Qualifikation verfügen die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* auch über soziale Kompetenzen (z.B. Teamarbeit und Kommunikation) und außerfachliche Qualifikationen (z.B. Sprachkenntnisse, Rhetorik oder Präsentationstechniken). Sie beherrschen den exakten Umgang mit der mathematischen Sprache und sind in der Lage, mathematische Sachverhalte sowohl innerhalb als auch außerhalb des Fachbereichs zu formulieren, zu präsentieren und im Dialog zu diskutieren. Des Weiteren haben die Absolventinnen und Absolventen im Rahmen des individuell gewählten Schwerpunkts im Anwendungsfach, aber auch durch Berufspraktika und interdisziplinäre Projektarbeiten (z.B. in Fallstudien/Case Studies) die Fachkulturen der Anwendungsbereiche kennengelernt und verstehen deren konkrete Anforderungen. Sie sprechen die Sprache ihrer Kolleginnen und Kollegen aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften und kennen und verstehen

deren Denk- und Herangehensweise. Dadurch sind sie fähig, mit ihnen auf einem fachlichen Level zu kommunizieren und zu diskutieren und somit in einen Dialogprozess zu treten. Zudem wissen sie um die Grenzen ihrer technisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung im Anwendungsschwerpunkt, aber auch um die Expertise ihrer Kolleginnen und Kollegen aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften. Dementsprechend sind die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ihrem eigenen Selbstverständnis nach Teamplayer in interdisziplinären Teams, die an konkreten Lösungen für technisch-naturwissenschaftliche Probleme arbeiten. Des Weiteren haben sie gelernt, die erzielten Ergebnisse und damit die Lösung des Ausgangsproblems in einer Form zur Verfügung zu stellen, die erneut den fachlichen Diskurs fördert.

### (IV) Wissenschaftliches Selbstverständnis und Professionalität

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* sind in der Lage, ihre Fähigkeiten und Stärken entsprechend ihrer mathematischen Ausbildung und ihrem individuell gewählten Anwendungsschwerpunkt realistisch einzuschätzen, kennen aber auch ihre Grenzen. Im Rahmen von Berufspraktika, interdisziplinären Projektarbeiten und der Masterarbeit haben sie an der mathematischen Lösung anwendungsorientierten Fragestellungen gearbeitet. Sie verstehen sich als Teil eines Teams aus Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen, die das gemeinsame Ziel zusammenbringt, komplexe Probleme aus Naturwissenschaft und Technik zu lösen. Dazu gehört das Verständnis, dass die heutigen Problemstellungen und Herausforderungen sowohl in der Forschung als auch in der industriellen Entwicklung nicht mehr ganz alleine angegangen und gelöst werden können. Die Kombination aus einer hervorragenden Ausbildung in Angewandter Mathematik und einer sehr deutlich ausgeprägten und fokussierten Anwendungskomponente ermöglicht es den Absolventinnen und Absolventen, zentrale und integrierende Funktionen in heterogen zusammengesetzten Arbeitsgruppen zu übernehmen. Bei Problemstellungen, die in ihrem Kompetenzbereich liegen, besitzen sie die fachlichen Kenntnisse und das methodische Wissen, um Lösungsansätze zu erarbeiten. Dabei gehen sie reflektiert und zielorientiert vor. Sie besitzen ein hohes Durchhaltevermögen und haben gelernt, mit Fehlschlägen und Frustrationen professionell umzugehen. Zudem zeichnet die Absolventinnen und Absolventen die Fähigkeit zum analytischen Denken, eine präzise und sorgfältige Arbeitsweise und die Fähigkeit zur schnellen und effizienten Einarbeitung in neue Themenbereiche aus.

### (V) Anschlussmöglichkeiten

Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums sind die Absolventinnen und Absolventen qualifiziert, in einen Beruf einzusteigen, der eine mathematische Qualifikation auf Masterniveau erfordert oder ihre wissenschaftliche Tätigkeit in Form einer Promotion in der Mathematik oder im Bereich ihres Anwendungsschwerpunktes fortzusetzen (siehe Kapitel 4). Wesentliche im Masterstudiengang erworbene Schlüsselqualifikationen sind zudem in weiteren Berufsfeldern gefragt und erhöhen die Einsatzflexibilität der Absolventinnen und Absolventen. Mit der Kombination aus mathematischem und anwendungsbezogenem Wissen haben sie in ihren Arbeitsgruppen häufig Schlüsselrollen inne.

# 3 Zielgruppen

## 3.1 Adressatenkreis

Das Studienangebot richtet sich im Wesentlichen an Absolventinnen und Absolventen eines Bachelorstudiengangs in Mathematik oder Physik, die an einer anspruchsvollen, mathematisch fundierten Ausbildung mit Schwerpunkten in den Bereichen Mathematische Modellbildung, Numerik, Angewandte Analysis, Optimierung und Stochastik sowie einem klaren Anwendungsbezug in den Natur- und Ingenieurswissenschaften interessiert sind. Die Kompetenzen, welche alle Studierenden eines Bachelors in Mathematik erwerben, sind notwendige Voraussetzung für den Studiengang. Darüber hinaus sind vertiefte Kenntnisse in einigen Grundlagenbereichen (*) der Mathematik (Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Differentialgleichungen, Vektoranalysis, Optimierung, Geometrie, Statistik, Wahrscheinlichkeitstheorie) empfehlenswert, die auch für einen Studienschwerpunkt im Bereich der Angewandten Mathematik benötigt werden. Diese Inhalte werden in fast allen Bachelorstudiengängen in Mathematik angeboten; entsprechende Kenntnisse können somit auch problemlos von Kandidatinnen und Kandidaten von anderen Universitäten während ihres Bachelorstudiums erworben werden.

Bachelorabsolventen/-innen der Physik bringen die meisten Anforderungen bereits mit. Bewerber/-innen aus der Physik sollten während ihres Bachelorstudiums zusätzlich eine bis zwei Vorlesungen aus den oben aufgeführten Bereichen (*) im Gesamtumfang von etwa 4 Semesterwochenstunden belegt haben.

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* steht neben Studierenden mit einem Bachelor in Mathematik und Physik auch solchen mit einem Bachelor oder Master aus anderen Natur- und den Ingenieurwissenschaften offen (beispielweise aus der Munich School of Engineering), sofern diese in ihrem bisherigen Studium einen deutlichen und nachweisbaren mathematischen Akzent gesetzt haben. Diese Studierenden haben in der Regel während des Bachelorstudiums zusätzlich zwei bis drei Vorlesungen aus den oben genannten Bereichen (*) im Gesamtumfang von etwa 6 Semesterwochenstunden belegt. Es wird dringend empfohlen, bereits im Vorfeld die Fachstudienberatung zu konsultieren; gegebenenfalls unterstützt das Department für Mathematik solche Studierenden bei der Behebung von Defiziten im mathematischen Bereich.

Der Studiengang ist auch für sehr gute Bachelor- und Master-Absolventeninnen und -Absolventen der Fachhochschulen geeignet, die ihr Interesse an einer vertieften mathematischen Ausbildung während ihres Studiums durch den Besuch entsprechender Vorlesungen bereits nachgewiesen haben. Grundlegende Veranstaltungen der Höheren Mathematik alleine sind nicht ausreichend. Es wird dringend empfohlen, im Vorfeld die Fachstudienberatung zu konsultieren. Für die Absolventinnen und Absolventen der einzelnen Bachelorstudiengänge an Fachhochschulen gilt das oben gesagte entsprechend. Auch hier kann eine Unterstützung durch das Department für Mathematik bei der Behebung von Defiziten im mathematischen Bereich erfolgen.

Beobachtet wird eine stark wachsende Anzahl von internationalen Bewerberinnen und Bewerbern (ca. 90% der Bewerberinnen und Bewerber für das WS23/24), die das Department Mathematik vor neue Herausforderungen stellt: Hier ist eine deutliche Abgrenzung dieses eindeutig mathematisch positionierten Studiengangs zu Angeboten erforderlich, bei denen Mathematik nur als Hilfswissenschaft eingesetzt wird und die klassische mathematische Ausbildung eine untergeordnete Rolle spielt. Zudem können internationale Bewerberinnen und Bewerber den

Studiengang zwar komplett auf Englisch studieren, allerdings nur mit stark reduziertem Nebenfachangebot.

Bereits vor Studienbeginn können interessierte Bewerber über eine Vielzahl von Veranstaltungen (Masterinfomesse, Tag der offenen Tür oder individuelle Studienfachberatung) Informationen und Erfahrungen sammeln sowie den Studiengang, Studierende, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bzw. Dozentinnen und Dozenten kennenlernen.

## 3.2 Vorkenntnisse

Bewerber/-innen für den Studiengang *Mathematics in Science and Engineering* benötigen Kenntnisse und Fertigkeiten aus der Analysis und der Linearen Algebra, wie sie typischerweise in den ersten drei Semestern eines Bachelorstudiengangs Mathematik vermittelt werden. In vielen Ingenieurstudiengängen (besonders im internationalen Bereich) werden oft formal ähnliche mathematische Kenntnisse vermittelt, allerdings ohne strikte Herleitung und ohne konsequent die Fähigkeit zur strengen mathematischen Herangehensweise (Definition, Satz, Beweis) zu schulen: Das ist in der Regel nicht ausreichend.

Die Bewerber/-innen kennen Methoden und grundlegende Problemstellungen aus einigen Bereichen der Angewandten Mathematik (Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Differentialgleichungen, Vektoranalysis, Funktionentheorie, Optimierung, Geometrie, Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung), können mit der üblichen Notation umgehen und sind in der Lage, die mathematischen Methoden auch auf neue, ähnlich gelagerte Fragestellungen anzuwenden. Sie zeichnen sich außerdem durch ein hohes Abstraktionsvermögen und gute analytische Fähigkeiten aus.

Vorteilhaft ist zudem Vorwissen aus einem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Anwendungsfach, das die Bewerber/-innen für den Studiengang *Mathematics in Science and Engineering* typischerweise während des Bachelors in Mathematik erlangt haben. Dadurch ist es problemlos möglich, einen Anwendungsschwerpunkt aus diesem Bereich zu wählen. Unterscheidet sich der gewünschte Anwendungsschwerpunkt der Bewerber/-innen deutlich von der Ausrichtung des Anwendungsfachs während des Bachelors, so ist auch dies möglich, allerdings wird den Studierenden empfohlen, das weitere Vorgehen frühzeitig mit der Fachstudienberatung abzustimmen. Für Bewerber/-innen ohne ausreichende Deutschkenntnisse ist das Masterstudium *Mathematics in Science and Engineering* vollständig in Englisch durchführbar. Die flexible Wahl des Anwendungsschwerpunktes ist in diesem Fall jedoch nur eingeschränkt möglich. Ausführliche Details hierzu findet sich auch in Anlage 2: Eignungsverfahren der jeweils gültigen Fachprüfungsordnung.

Die Studienbewerber/-innen sollen Interesse an einer Ausbildung haben, die den Studierenden vermittelt, wie man moderne Mathematik entwickelt und auf die Lösung ganz konkreter Problemstellungen aus Naturwissenschaft und Technik anwendet. Ein nur allgemeines Interesse an Mathematik in Kombination mit Informatik ohne Anwendungsbezug ist nicht vereinbar mit den Zielen des Studienganges. Neben der mathematischen Vorbildung sollten die Studienanfänger fachlich motiviert sein sowie über Englischkenntnisse mindestens auf Abiturniveau verfügen. Erfahrungen aus einer vorhergehenden Berufstätigkeit können hilfreich sein. Bereits vor der Aufnahme des Masterstudiums ist es Bachelor-Studierenden der Technischen Universität München möglich, Veranstaltungen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* zu besuchen.

Auf diese Weise können sie im Vorfeld bereits die Ziele und Themen des Masterstudiengangs kennenlernen und evaluieren, ob dieser Studiengang den eigenen Vorlieben und Karrierezielen entspricht.

Die Eignung der Studienbewerberinnen und -bewerber zur Zulassung wird über ein Eignungsverfahren (EfV) ermittelt (siehe Fachprüfungs- und Studienordnung (FPSO), Anlage 2). Die Bewerberinnen und Bewerber müssen sich hierbei eigenverantwortlich über die benötigten Unterlagen informieren und diese vollständig und fristgerecht einreichen, um im Rahmen des Verfahrens berücksichtigt zu werden.

## 3.3 Zielzahlen

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* war ursprünglich angesichts der Ressourcen der damaligen Fakultät für Mathematik auf etwa 20-25 Neuimmatrikulationen pro Jahrgang ausgelegt. Diese Zielzahl berücksichtigte neben den Raumressourcen vor allem die Tatsache, dass für ein erfolgreiches Masterstudium ein sehr gutes Studierenden-Betreuer-Verhältnis, besonders bei der Ausgestaltung des individuellen Anwendungsschwerpunktes im Zusammenwirken mit dem/der Studienfachberater/-in und beim Anfertigen der Master‘s Thesis, von entscheidender Bedeutung ist.

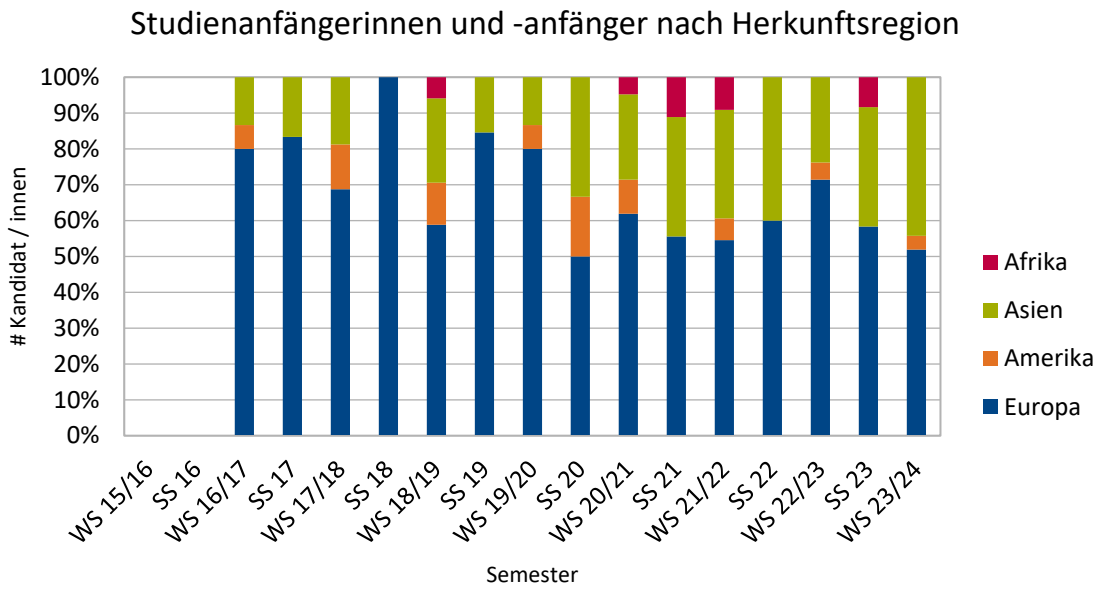
Wegen der aktuell hohen Nachfrage muss die Zielzahl auf 50-70 Neuimmatrikulationen pro Jahr nach oben korrigiert werden; der Studiengang ist damit unangefochten größter Studiengang für Technomathematik in Deutschland. Diese Anfängerzahl an Studierenden pro Jahrgang soll dann bei gleichbleibender geringer Wechselquote aufrechterhalten werden. Die Zunahme auf Dauer zu bewältigen erfordert zusätzliche Anstrengungen innerhalb des Departments Mathematik, damit weiterhin ein gutes Verhältnis zwischen Studierenden und Betreuenden gewährleistet werden kann. Hier ist auch zu berücksichtigen, dass das Lehrpersonal des Departments, zusammen mit wissenschaftlichen Mitarbeitern, in allen drei mathematischen Masterstudiengängen, im PP *Data Science and Artificial Intelligence* sowie im Bachelorstudiengang Mathematik eingebunden ist. Der Einfluss der Einführung von Studiengebühren auf die Entwicklung der Anfängerzahlen ist momentan nicht abschätzbar.

Zu den Bewerberzahlen ist festzustellen, dass der Studiengang auch Bewerberinnen und Bewerber anzieht, die ihre Fachkentnisse falsch einschätzen und denen grundlegende Qualifikationen fehlen. Die fehlende mathematische Ausbildung führt zu einer höheren Ablehnungsquote. Das Department reagiert auf diese Entwicklung durch eine noch transparentere Darstellung der Anforderungen des Studiengangs, den Hinweis auf den primär mathematischen Charakter des Studienganges und eine verstärkte Studienberatung bereits im Vorfeld der Bewerbung, so dass Bewerberinnen und Bewerber ggf. auf für sie geeignetere Alternativen verwiesen werden können.

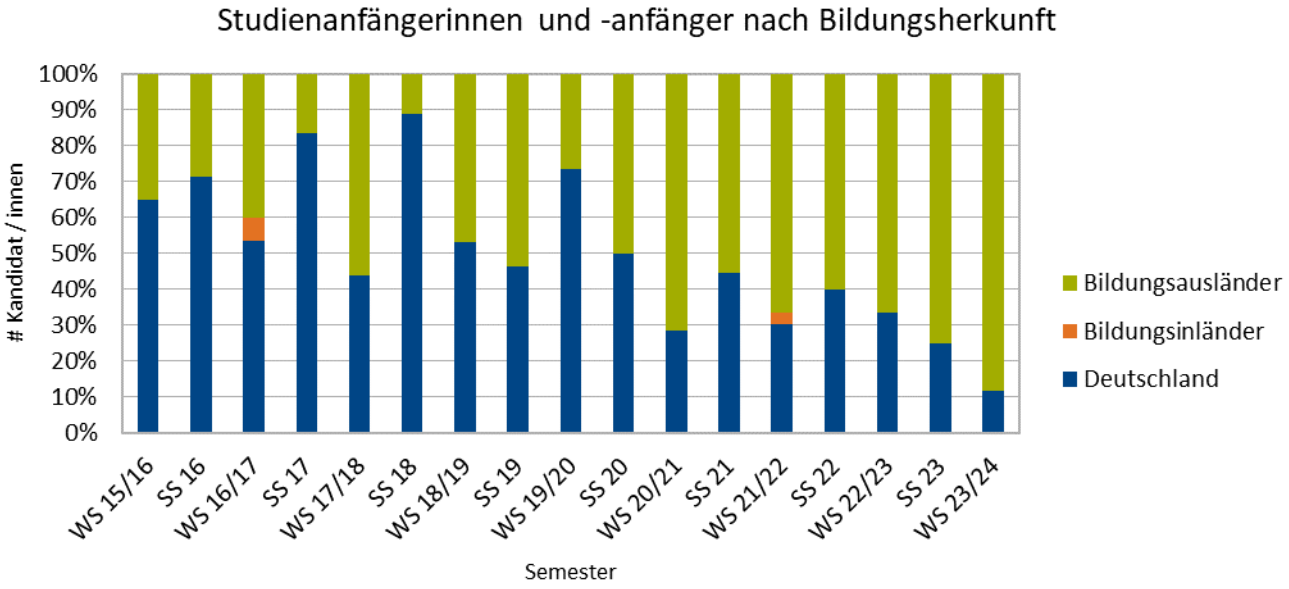
| Semester | SoSe 2019 | WiSe 2019/20 | SoSe 2020 | WiSe 2020/1 | SoSe 2021 | WiSe 2021/2 | SoSe 2022 | WiSe 2022/3 | SoSe 2023 | WiSe 2023/4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bewerbungen | 22 | 39 | 34 | 82 | 33 | 97 | 65 | 95 | 61 | 162 |
| Immatrikula- tionen | 13 | 15 | 6 | 22 | 8 | 32 | 10 | 22 | 12 | 52 |

Tabelle 1: Entwicklung der Bewerbungs- und Immatrikulationszahlen für den Studiengang Mathematics in Science and Engineering für Winter- (WiSe) und Sommersemester (SoSe)

Aufgeschlüsselt nach Herkunftsregionen zeigt sich folgende Entwicklung:




Besonders interessant für uns ist die Zahl der Studienanfängerinnen und -anfänger, die neu für die TU München gewonnen werden können (ca. 80% der Absolventinnen und Absolventen arbeiten später in Bayern!).


Studienanfängerinnen und -anfänger nach Bildungsherkunft
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
# Kandidat / innen
WS 15/16
SS 16
WS 16/17
SS 17
WS 17/18
SS 18
WS 18/19
SS 19
WS 19/20
SS 20
WS 20/21
SS 21
WS 21/22
SS 22
WS 22/23
SS 23
WS 23/24
Semester
Bildungsausländer
Bildungsinländer
Deutschland

# 4 Bedarfsanalyse

Die Arbeitsmarktsituation für Absolventinnen und Absolventen eines Masterstudiengangs in Mathematik ist weiterhin sehr gut. Aktuellen Erhebungen der Bundesagentur für Arbeit[1] zufolge betrug die Arbeitslosenquote bei Personen mit einem Physik- oder Mathematikstudium lediglich 2,3 Prozent bei über 1000 offenen Stellen, die bei der Agentur für Arbeit eingetragen waren (Stand Mai 2023). Des Weiteren sind die Arbeitslosenzahlen in diesem Bereich fortwährend rückläufig. Im Vergleich dazu lag im Oktober 2023 die Arbeitslosenquote für den gesamten Arbeitsmarkt in Deutschland bei 5,7 Prozent.

Der Studiengang reagiert auf die hohe Nachfrage[2] aus der Industrie und vermehrt auch aus den Forschungsinstituten der natur- und ingenieurswissenschaftlichen Anwendungsfächer nach angewandten Mathematikerinnen und Mathematikern mit ingenieurswissenschaftlichem Know-How, die ihr modernes mathematisches Wissen einbringen können, um bei der Lösung von Problemen industrieller und natürlicher Prozesse neue Impulse zu setzen.

Dezidiert bereitet der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* Studierende auf einen beruflichen Werdegang im interdisziplinären Umfeld

- der Software- und Technikbranche,
- in Entwicklungsabteilungen von Unternehmen aller Größenordnungen
- und in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen vor.

Besonders große Nachfrage besteht in

- der Elektroindustrie (besonders: Elektromotoren, Energiespeicher)
- dem allgemeinen Maschinenbau (besonders: Windenergie, Energietechnik, Mikrosystemtechnik)
- der Automobil- und ihrer Zulieferindustrie im Bereich Elektromobilität und autonomes Fahren,
- der Medizintechnik
- der Luft- und Raumfahrttechnik sowie der Wehrtechnik,
- der IT- und Unternehmensberatung,
- der Logistik und Optimierung
- sowie allgemein in technisch ausgerichteten Firmen der mittelständischen Industrie.

In diesen Bereichen werden neben den fachlichen Qualifikationen besonders die Fähigkeit zum analytischen Denken, eine präzise und sorgfältige Arbeitsweise, die Fähigkeit zur schnellen und effizienten Einarbeitung in neue Themenbereiche, das ausgeprägte Interesse für die Lösung von Anwendungsproblemen sowie die Teamfähigkeit geschätzt, die sich die Absolventinnen und

[1] Statistik der Bundesagentur für Arbeit – Berichte Blickpunkt Arbeitsmarkt – Akademikerinnen und Akademiker, Nürnberg, Mai 2022
[2] Absolvierendenbefragung in Zusammenarbeit mit dem Hochschulreferat Studium und Lehre der TUM, März 2023 sowie direkte Nachfrage bei Absolvierenden durch den Fachstudienberater

Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* während des Studiums angeeignet haben.

Hervorzuheben ist der Bedarf von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) sowie von forschungsintensiven Start-Ups an qualifizierten Mathematikerinnen und Mathematikern, der in diesen Bereichen momentan nicht gedeckt werden kann; viele Kandidatinnen und Kandidaten erhalten bereits spätestens während der Masterarbeit eine Zusage für einen Arbeitsplatz. Die hohe Nachfrage speziell in diesem Sektor lässt sich unter anderem dadurch erklären, dass die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* nicht nur im Bereich der Angewandten Mathematik vollwertig ausgebildete Mathematikerinnen und Mathematiker sind, sondern zudem innerhalb ihres selbstgewählten Anwendungsschwerpunkts in begrenztem Umfang auch Aufgaben im naturwissenschaftlichen Bereich bzw. im Ingenieurbereich übernehmen können. Zudem haben sie ihr Interesse für eben diesen Anwendungsschwerpunkt bereits durch ihren Studienverlauf nachprüfbar dokumentiert. Dies macht sie in kleinen Firmen flexibler einsetzbar und senkt die Vorbehalte gegenüber „theorielastigen“ Mathematikern.

Des Weiteren stehen den Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs *Mathematics in Science and Engineering* alle Berufsfelder der klassischen Mathematik-Ausbildung zur Verfügung: Insbesondere der IT-Bereich, Unternehmensberatungen, Banken und Versicherungen oder der öffentliche Sektor bieten Anstellungen, bei denen Fähigkeiten verlangt werden, die dieser Studiengang vermittelt.

Ein Großteil der Absolvierenden (mehr als 75 %) bleibt nach dem Studium zumindest einige Jahre in Bayern. Neben Fach- sind Sprachkompetenzen sowohl in Englisch als auch in Deutsch (d.h. in beiden!) häufig wichtiges Einstellungskriterium. Dies trifft fast ausnahmslos für Tätigkeiten in KMUs zu. Absolvierende mit schlechten Deutschkenntnissen benötigen oft signifikant länger bis zur Aufnahme der ersten unbefristeten Tätigkeit in der Industrie, da Deutschkenntnisse häufig von den Firmen mit Integrationsbereitschaft gleichgesetzt werden.

Unverändert entscheidet sich etwa ein Drittel der Absolventinnen und Absolventen des Masterstudienganges für eine Promotion, davon etwa zwei Drittel in der Mathematik. Das restliche Drittel beginnt sofort oder oft nach kurzer Berufstätigkeit eine Promotion in einem der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsschwerpunkte. Ist der Promotion eine Berufstätigkeit vorgeschaltet, so erfolgt die Promotion häufig nicht mehr an der TU München.

Um genauere Daten zu den realen Karrierewegen der Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs zu erhalten, werden regelmäßig Absolventenbefragungen in Zusammenarbeit mit dem TUM CST-QM durchgeführt sowie auch Absolvierende telefonisch kontaktiert. Laut der Absolventenbefragung vom Februar 2023 hatten fast 73% der Absolventinnen und Absolventen spätestens 3 Monat nach Bewerbungsbeginn (der meist noch während des Studiums erfolgte) ein Arbeitsverhältnis begonnen. Gegenwärtig sind fast 94% erwerbstätig. Etwa 40% arbeiten bei Großunternehmen, etwa 27% bei KMUs. 80% der Absolvierenden arbeiten weiterhin in Forschung und Entwicklung.

# 5 Wettbewerbsanalyse

## 5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Die rapide zunehmende Verwendung von komplexen mathematischen Modellen und Methoden in den Natur- und Ingenieurswissenschaften führt dazu, dass die Nachfrage nach Mathematikerinnen und Mathematikern mit technischer Ausrichtung in den Entwicklungslabors großer Technikunternehmen und zunehmend auch in kleinen und mittelständischen technikaffinen Unternehmen (KMU) beständig ansteigend ist. Dies spiegelt sich auch in dem stetig wachsenden Angebot an Masterstudiengängen in *Mathematics in Science and Engineering* bzw. an Masterstudiengängen mit ähnlicher oder vergleichbarer Ausrichtung sowohl in der nationalen als auch in der internationalen Universitätslandschaft wieder.

Laut www.hochschulkompass.de (Suchbegriffe: Technomathematik, Mathematics in Science and Engineering) bieten in Deutschland 22 Hochschulen und Universitäten einen dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ähnlichen oder vergleichbaren Studiengang an. Unter anderem sind hier die **Technische Universität Kaiserslautern** (M.Sc., Technomathematik), die **Hochschule Darmstadt** (M.Sc., Angewandte Mathematik), das **Karlsruher Institut für Technologie** (M.Sc., Technomathematik), die **Technische Universität Dresden** (M.Sc., Technomathematics), die **Technische Universität Berlin** (M.Sc., Technomathematik) und die **Universität Hamburg** (M.Sc., Technomathematik sowie M.Sc., Mathematical Modelling in Engineering) zu nennen. Speziell in Bayern gibt es an fünf weiteren Hochschulen und Universitäten einen ähnlichen oder vergleichbaren Studiengang. Dazu zählen die **Universität Bayreuth** (M.Sc, Technomathematik), die **Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg** (M.Sc., Computational and Applied Mathematics), die **Julius-Maximilians-Universität Würzburg** (M.Sc., Computational Mathematics), die **Universität der Bundeswehr München** (M.Sc., Mathematical Engineering) und die **Hochschule für angewandte Wissenschaften München** (M.Sc., Technische Berechnung und Simulation).

Das Umfeld, in dem der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* angeboten wird, ist besonders günstig an der Technischen Universität München: Die Technische Universität München verfügt über ein starkes mathematisches Department, in die der Studiengang als einer von drei Masterstudiengängen hervorragend eingebunden ist. Die Mathematik ist zusammen mit der Informatik und Teilen der Elektro- und Informationstechnik in der neu gegründeten School of Computation, Information and Technology zusammengefasst. Dies erleichert die Kontakte im Bereich vieler Anwendungsfächer zusätzlich. Daneben finden sich in unmittelbarer Nachbarschaft große Departments der Anwendungsfächer mit vorwiegend naturwissenschaftlich-technischer Ausrichtung, zusammengefasst in der School of Natural Sciences sowie der School of Engineering and Design, zu denen gute und langjährige Kontakte auf Arbeitsebene bestehen. Dabei ist Größe in diesem Zusammenhang ein nicht zu unterschätzender Garant dafür, dass viele unterschiedliche Themenschwerpunkte innerhalb jeweils eines Departments bearbeitet werden und somit für Studierende der Mathematik ein vielfältiges Angebot an Veranstaltungen im Anwendungsschwerpunkt zur Verfügung steht. Über Kooperationsprojekte, etwa im Rahmen der Exzellenzinitiative oder von Sonderforschungsbereichen sowie über den in München sehr ausgeprägten Lehrexport, bestehen sehr enge Beziehungen zwischen der Mathematik und den Departments der Anwendungsfächer. Die interdisziplinäre Ausrichtung der Technischen Universität

München, die durch die School-Gründungen gestärkt werden soll, kommt diesem Studiengang besonders entgegen.

Bezüglich des Aufbaus der Studiengänge, die mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* vergleichbar sind, ist bislang allen Mitbewerbern gemeinsam, dass die Studiengänge mit meist zwei Nebenfächern studiert werden: einem technischen Fach und der Angewandten Informatik. Das technische Fach wird aus einem Standardkanon, wie z.B. Bauingenieurwesen, Elektrotechnik, Maschinenbau oder Experimentalphysik, gewählt.

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* unterscheidet sich auch hier in wesentlichen Punkten von seinen Mitbewerbern: Statt zwei Nebenfächern setzt man an der Technischen Universität München auf einen Anwendungsschwerpunkt. Dieser Schwerpunkt kann fachübergreifend gewählt werden und vermittelt der/dem Studierenden im Bereich ihres/seines Schwerpunktes eine Ausbildung auf einem Niveau, das mit dem einer/eines Studierenden z.B. des Masters im Maschinenwesen vergleichbar ist. Ziel ist also nicht das Kennenlernen eines ganzen Anwendungsfachs in oberflächlicher Nebenfachqualität, sondern mit Hilfe einer intensiven studienbegleitenden Betreuung eine hohe Ausbildungsqualität in einem individuell nach den persönlichen Neigungen und Berufsvorstellungen der/des Studierenden zusammengestellten Anwendungsschwerpunkt, in dem die/der Studierende später sofort beruflich einsetzbar ist. Die ausreichende Breite und Tiefe des Schwerpunktes sind dabei durch die fortlaufende Betreuung der/des Studierenden jederzeit sichergestellt.

Dass dieses Konzept erfolgreich ist, sieht man an der enormen Nachfrage nach guten Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* von mathematischen Instituten, aus den Ingenieurdepartments der TUM, den Ingenieurfakultäten externer Universitäten (beispielsweise RWTH Aachen, ETH Zürich) sowie von Großunternehmen und – besonders wichtig – zunehmend auch von KMUs.

Auch international ist eine derartig starke Stellung des Anwendungsfaches zusammen mit einer so ausgeprägten Schwerpunktbildung im Rahmen eines klassischen Mathematikstudiums ungewöhnlich, zumal in dem vorliegenden Studiengang die Qualität der mathematischen Ausbildung in der *Angewandten Mathematik* nicht zugunsten des Anwendungsfaches aufgegeben wird. Technomathematik wurde ursprünglich von Prof. Neunzert um 1990 an der Universität Kaiserslautern erstmalig begründet und findet sich in der Folge an zahlreichen Technischen Universitäten in Deutschland und Österreich (hier u.a. **TU Wien**, **Johannes Kepler Universität**, **Universität Innsbruck**, **TU Linz**, **TU Graz**). Wie oben erwähnt, wird dort allerdings das Konzept zweier klassischer Nebenfächer praktiziert. An anderen ausländischen Universitäten (z.B. **ETH Zürich**, **ETH Lausanne**, **Georgia Tech**) findet man Technomathematik in dieser Form nicht, sie setzen eher auf einen, wie auch an der Technischen Universität München in verschiedenen Varianten vertretenen Studiengang im Bereich des Computational Engineering. Damit handelt es sich um Ingenieursstudiengänge mit erweiterter Mathematikausbildung, während mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ein Mathematikstudiengang mit naturwissenschaftlichem oder technischen Schwerpunkt angeboten wird. Die Schwerpunktsetzung unterscheidet sich also deutlich.

Ein weiteres spezielles Merkmal des Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering* bildet die Handhabung der mathematischen Ausbildungsinhalte. Die Studierenden sind verpflichtet, etwa 60% der Mathematikmodule aus festen Gruppen zu wählen, etwa ein oder zwei Numerikveranstaltungen aus acht vorgegebenen. Dies stellt die mathematische Breite der Ausbildung sicher. In den verbleibenden 40% können beliebige Veranstaltungen aus den Bereichen

Angewandte Analysis und Computational Mathematics besucht werden, vorausgesetzt diese wurden vom Department freigegeben. Dies eröffnet die Möglichkeit, flexibel neue Lehrinhalte und -formen einzusetzen.

Kennzeichnend für den Studiengang ist neben verpflichtenden und empfohlenen Industriepraktika die ausdrückliche Förderung eines optionalen Auslandsaufenthalts. An keiner deutschen Hochschule absolvieren prozentual so viele Studierende aus Masterstudiengängen in *Mathematics in Science and Engineering* bzw. aus Masterstudiengängen mit vergleichbarer Ausrichtung einen Auslandsaufenthalt. Der Studienplan ist so gestaltet, dass ein solcher Aufenthalt ohne Verlängerung der Studienzeit möglich ist. Es wird den Studierenden ein umfangreiches Beratungsangebot im Vorfeld eines Auslandsaufenthaltes gemacht, um sicherzustellen, dass später im Ausland oder an anderen deutschen Hochschulen erbrachte Prüfungsleistungen unbürokratisch anerkannt werden können. Individuell unterstützt werden die Studierenden bei der Planung und der Durchführung von Auslandsaufenthalten vom Fachstudienberater bzw. der Fachstudienberaterin und von der bzw. dem Auslandsbeauftragten des Departments. Hierdurch wird die nationale und internationale Mobilität der Studierenden dieses Masterprogramms zusätzlich gefördert. Dieses Angebot wird bereits jetzt von einem großen Teil der Masterstudierenden wahrgenommen (über alle Masterstudiengänge der Mathematik verteilt ergibt sich zurzeit eine Quote von etwa 60%).

## 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

### Studiengänge mit mathematischem Profil in der CIT

Im PP Mathematik gibt es neben dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* noch zwei andere Mathematik Masterstudiengänge: den Master *Mathematics* und den Master *Mathematical Finance and Actuarial Science.* Der Master *Mathematics in Science and Engineering* weist im Vergleich zu den anderen beiden Mathematik-Studiengängen eine eindeutig technisch-naturwissenschaftlicher Ausprägung auf. Sein explizites Ziel sind Absolventinnen und Absolventen, die im Bereich der Angewandten Mathematik vollwertig ausgebildet sind und die zudem im Rahmen ihres selbstgewählten Anwendungsschwerpunkts in begrenztem Umfang auch Ingenieursaufgaben übernehmen können. Dadurch grenzt sich der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* klar von den anderen Masterstudiengängen des PP Mathematik ab.

Im Detail bedeutet dies, dass der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* im Bereich der *Angewandten Mathematik* mindestens die gleiche Ausbildungsbreite und -tiefe wie der Masterstudiengang Mathematik vermittelt. Die Inhalte der *reinen Mathematik*, die in den Anwendungen in der Regel eine geringe Rolle spielen, sind in *Mathematics in Science and Engineering* allerdings im Vergleich zum Master Mathematik sehr stark reduziert. Die hier freiwerdenden Ressourcen werden zielgerichtet in eine deutliche Ausweitung und Intensivierung des Anwendungsfaches investiert. Es wird ein kompletter Anwendungsschwerpunkt belegt und erarbeitet. Auch sind die Fächer des Anwendungsfaches in *Mathematics in Science and Engineering* in der Regel auf Masterniveau des Nebenfaches (und keine Vorlesungen speziell für Hörer anderer Departments und Schools!). Das schoolübergreifende Schwerpunktkonzept im Anwendungsfach ist nicht nur ein Alleinstellungsmerkmal an der Technischen Universität München, sondern in ganz Deutschland.

Damit spricht der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* eine Zielgruppe an, die der klassische Mathematikstudiengang mit seiner theoretischeren Ausrichtung nicht erreicht. Neben Mathematikstudierenden, die Mathematik nicht als Geistes-, sondern als integralen

Bestandteil der Naturwissenschaften betrachten, sind das auch sehr gute Absolventinnen und Absolventen der Fachhochschulen sowie Physik- und Ingenieurstudierende mit dem Wunsch nach einer fundierten und breiten Ausbildung in der Angewandten Mathematik. Diese Grundausrichtung des Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* macht ihn sehr attraktiv für ausländische Studierende, wie die weiter steigenden Zahlen von Bewererinnen und Bewerbern aus dem EU- und Nicht-EU-Ausland zeigen. Vergleicht man zum Beispiel das Mathematikstudium in Frankreich oder in den angelsächsischen Ländern mit dem Masterstudiengang in *Mathematics in Science and Engineering,* so wird hier ausländischen Studierenden eine ungewöhnliche und für sie attraktive Anwendungsbezogenheit geboten.

Im Gegensatz zum Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ist der Master *Mathematical Finance and Actuarial Science* explizit auf die Ausbildung von Studierenden ausgerichtet, die in die Lage versetzt werden sollen, mathematische Modelle für komplexe finanz- und versicherungsmathematische Sachverhalte lösungsorientiert einzusetzen. Der Studiengang fokussiert besonders mathematische und statistische Fragestellungen in Finanz-, Versicherungsmathematik und Risikomanagement und bereitet auf die Praxis im Finanz- und Versicherungssektor vor. Dennoch teilt sich der Masterstudiengang *Mathematical Finance and Actuarial Science* zahlreiche Lehrveranstaltungen der Optimierung und Analysis mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering.* Allerdings hat ersterer aufgrund der unterschiedlichen Ziele einen starken Fokus auf Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik, der so in dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* nicht besteht. Hier liegen die mathematischen Schwerpunkte vielmehr auf angewandter Analysis, Numerik und Optimierung. Hinzu kommt die völlig andere Nebenfachorientierung der Studierenden dieses Studienganges.

Im Vergleich zum Masterstudiengang *Mathematics in Data Science* (verortet im PP Data Science der CIT) fällt wiederum der starke Anwendungsbezug auf. Der Studiengang Mathematics in Data Science spricht diejenigen Studierenden an, die an einer mathematischen Ausbildung mit Schwerpunkt im Bereich Big Data interessiert sind. Er hat enge Beziehungen zu dem entsprechenden Studiengang der Informatik. Dies trifft auf den Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* nicht zu. Die Inhalte des Studienganges *Mathematics in Data Science* enthalten - im Gegensatz zu denen des Studiengangs *Mathematics in Science and Engineering* - zudem in sehr viel größerem Umfang Elemente der reinen Mathematik, der Statistik und der theoretischen Informatik. Wählen Studierende des Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering* im Rahmen ihres Anwendungsschwerpunktes auch Elemente von Data Science, dann nur und verpflichtend in direkter Kombination mit einer echten Anwendung aus dem Bereich der Ingenieurswissenschaften, der Medizin oder der Physik.

### Weitere Studiengänge der TUM mit verwandtem Profil

Neben den genannten Masterstudiengängen der Mathematik gibt es kleinere Überschneidungen des Studiengangs *Mathematics in Science and Engineering* mit den Masterstudiengängen *Computational Science and Engineering* (CSE), *Materials Science and Engineering* sowie *Computational Mechanics*:

Der Masterstudiengang *Computational Science and Engineering* (CSE) ist ein interdisziplinärer Informatik-Studiengang der CIT, der darauf abzielt vor allem Methoden aus der Informatik und der angewandten Mathematik in klassische Anwendungsbereiche der Ingenieurwissenschaften und Naturwissenschaften zu bringen. Zielgruppe des Studiengangs sind demnach Absolventinnen und Absolventen aus den Anwendungsbereichen, die ihre Kompetenzen in Richtung Simulation und High Performance Computing (HPC) vertiefen wollen, um so die für ihren Bereich notwendigen

Algorithmen und Software zu entwickeln und einzusetzen. *Mathematics in Science and Engineering* hingegen ist ein vollwertiger Mathematikstudiengang mit dem Ziel, Mathematikerinnen und Mathematiker mit Interesse an der Entwicklung neuer mathematischer Methoden und deren Anwendung auf technisch-naturwissenschaftliche Fragestellungen auszubilden. Numerik ist dabei ein wichtiger Schwerpunkt und Simulation ein wichtiges Teilgebiet der Numerik, aber eben solche Schwerpunkte sind beispielsweise Analysis und Optimierung. Die mathematische Ausbildung in *Mathematics in Science and Engineering* ist also vom mathematischen Niveau her deutlich anspruchsvoller und wesentlich breiter. Zudem liegt der Schwerpunkt selbst in der Numerik nicht auf der programmmäßigen Umsetzung, sondern vor allem auf der mathematisch fundierten Analyse der verwendeten Algorithmen (Numerical Analysis). Auf der Grundlage der mathematischen Analyse werden neue Lösungsverfahren entwickelt und für die Anforderungen der jeweiligen Anwendungsbereiche maßgeschneidert.

Der Studiengang *Materials Science and Engineering* ist ein Masterstudiengang der TUM School of Engineering and Design (ED) mit dem Ziel einer wissenschaftsorientierten, interdisziplinären *Ingenieurausbildung* mit Schwerpunkt auf den Material- und Werkstoffwissenschaften. Wichtige Schwerpunkte liegen dabei auf probabilistischen Aspekten von Materialien und Materialforschung, Mehrskaligkeit, Multiphysikalität und Modellbildung. Mathematische Modelle und numerische Berechnungs- und Simulationsmethoden sind wichtige Werkzeuge, aber nicht Ausbildungskern. Auch hier sieht man beim Vergleich der mathematischen Vorlesungen: Die mathematische Ausbildung in *Mathematics in Science and Engineering* ist vom mathematischen Niveau her deutlich anspruchsvoller und wesentlich breiter. Umgekehrt beschränkt man sich in *Mathematics in Science and Engineering* darauf, im Anwendungsfach – wenn überhaupt - nur einen Teil der im Master Materials Science and Engineering betrachteten Themen zu behandeln.

Eine etwas andere Situation bietet sich beim Vergleich mit dem *Masterprogramm Computational Mechanics (CoMe),* ebenfalls angeboten von der TUM School of Engineering und Design (ED). Im Bereich der Finiten Elemente Methoden ist dieser Studiengang vom mathematischen Niveau her durchaus vergleichbar mit einem Mathematikstudiengang. Allerdings fokussiert sich das Interesse auf einen sehr speziellen Ausschnitt der Mathematik, der für Anwendungen in der Simulation mechanischer Phänomene besonders wichtig ist. Die Breite der mathematischen Ausbildung - etwa in der Analysis, der Numerik allgemein (vergleiche etwa Vorlesungen über Regelungstechnik, Optimale Steuerung und Inverse Probleme) oder in der Optimierung und Geometrie - und die hohe Flexibilität in der Nebenfachwahl bietet dieser Ingenieurstudiengang naturgemäß nicht.

# 6 Aufbau des Studiengangs

Der viersemestrige Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* verfolgt das Ziel, eine hochqualifizierte Ausbildung vor allem im Bereich der Angewandten Mathematik bereitzustellen. Darüber hinaus sollen die Absolventinnen und Absolventen durch eine Schwerpunktwahl in einem technisch-naturwissenschaftlichen Anwendungsfach befähigt werden, in gewissem Umfang auch Aufgaben im Ingenieurbereich und in den naturwissenschaftlichen Anwendungen übernehmen zu können.

Wesentliches Instrument hierfür ist das Konzept des Anwendungsschwerpunktes (vgl. Abschnitt 1.2), das auf ein fokussiertes Studium in einem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Anwendungsbereich abzielt. Damit soll eine Ausbildung auf einem fachlichen Niveau garantiert werden, das – allerdings beschränkt auf den jeweiligen Spezialisierungsbereich - mit dem einer bzw. eines Studierenden etwa des Masters im Maschinenwesen vergleichbar ist. Die Studierenden entscheiden sich - unterstützt durch eine studienbegleitende Betreuung - für einen individuell festgelegten Anwendungsschwerpunkt, beispielsweise aus den Bereichen Strukturmechanik, Materialwissenschaften oder Medizintechnik. Die Studierenden sollen auf diese Weise ein ganz individuelles Profil entwickeln und ihre mathematischen Kompetenzen optimal auf die Inhalte desjenigen Bereiches abstimmen, der ihren Neigungen und zukünftigen Karrierezielen bestmöglich entspricht. Dabei soll die/der Studierende angesichts ihrer/seiner zukünftigen Aufgaben in Industrie und Forschung nicht nur ein tiefergehendes Wissen sowie methodische und anwendungsbezogene Kenntnisse in diesem Gebiet der Ingenieurs- oder Naturwissenschaften erwerben, sondern zugleich die oft völlig unterschiedliche Denk- und Arbeitskultur kennenlernen, die in dem von ihr/ihm gewählten Anwendungsbereich gelebt wird. Dementsprechend können sie - und wollen - als Teamplayer in interdisziplinären Teams agieren und an der konkreten Lösung technisch-naturwissenschaftlicher Probleme arbeiten. Der Studiengang soll sie zudem dazu befähigen, kritisch bestehende Ansätze hinsichtlich deren Einsatzmöglichkeiten und Grenzen im jeweiligen Anwendungsbereich zu beurteilen und zu hinterfragen, sowie neue maßgeschneiderte mathematische Modelle, Verfahren und Algorithmen für technische und naturwissenschaftliche Aufgabenstellungen zu entwickeln und zu implementieren.

Ein weiteres wesentliches Ziel des Studiengangs ist die Vorbereitung der Studierenden auf die Arbeit in interdisziplinären Arbeitsgruppen.

Aus diesem Grund setzt sich das Curriculum aus Wahlmodulen und einem Hauptseminar in der Angewandten Mathematik (Kernbereiche Analysis, Numerik und Wissenschaftliches Rechnen, Optimierung), Wahlmodulen in einem Anwendungsschwerpunkt, interdisziplinären Aktivitäten (Fallstudien, Überfachliche Grundlagen, Berufspraktikum) und einer Abschlussarbeit, der Master's Thesis, zusammen. Der Aufbau des Studiengangs ist in Tabelle 2 (bezüglich der Inhalte) dargestellt und wird in den nachfolgenden Abschnitten weiter erläutert.

Der Studiengang sollte bevorzugt zum Wintersemester begonnen werden, da die in den Anwendungsfächern beteiligten Schools grundlegende Module schwerpunktmäßig im Winter anbieten. Zahlreiche Studierende haben aber auch bei einem Beginn im Sommersemester das Studium bereits erfolgreich abgeschlossen. Der Studiengang lässt sich innerhalb der Regelstudienzeit von vier Semestern durchlaufen, wie exemplarische Studien- und Stundenpläne in den Abschnitten 6.7 und 10.1 aufzeigen. Diese Studienpläne sind im Bereich des Anwendungsschwerpunktes nur Anschauungsbeispiele; die Studierenden nutzen hier die ihnen

gewährte Flexibilität zu einer Studienplangestaltung entsprechend ihren individuellen Interessen und Ansprüchen.

<table>
<tr><th>Bereich</th><th colspan="3">bestehend aus</th><th>Semester</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Angewandte Mathematik<br>mind. 47 CP (inkl. Fallstudien)</td><td>Wahlmodulen in Analysis<br>mind. 9 CP</td><td>Wahlmodulen in Numerik<br>mind. 9 CP</td><td>Wahlmodulen in Optimierung<br>mind. 9 CP</td><td rowspan="4">1-3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Wahlmodulen in Applied Analysis und Computational Mathematics</td><td>Hauptseminar<br>3 CP</td></tr>
<tr><td>Anwendungsschwerpunkt, u.a.<br>• Strukturmechanik<br>• Medizintechnik<br>• Autonomes Fahren<br>• …</td><td colspan="3">Wahlmodulen<br>mind. 30 CP</td></tr>
<tr><td>Interdisziplinäre Aktivitäten</td><td>Fallstudien<br>mind. 5 CP</td><td>Überfachliche Grundlagen<br>4 CP</td><td>Berufspraktikum<br>6 CP</td></tr>
<tr><td>Master´s Thesis</td><td colspan="3">Abschlussarbeit in Angewandter Mathematik<br>30 CP</td><td>4</td></tr>
</table>

Tabelle 2: Inhaltlicher Aufbau des Studiengangs Mathematics in Science and Engineering

## 6.1 Angewandte Mathematik

Im Zentrum der Mathematikausbildung stehen die mathematischen Kernbereiche Analysis, Numerik und Wissenschaftliches Rechnen, und Optimierung mit einem Anteil an den Vorlesungen und Übungen von mindestens 31% bzw. 28 Credits. Dazu kommen frei wählbare Module aus den Bereichen Applied Analysis und Computational Mathematics (Modulkatalog „Special Lectures in Applied Mathematics“) im Umfang von bis zu 17% bzw. 14 Credits. In diesem Bereich wird dringend empfohlen, Module auch aus den Bereichen der Geometrie, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie zu belegen. Ein umfangreicher Modulkatalog gestattet den Studierenden eine flexible Gestaltung des Studiengangs. Verpflichtend ist außerdem das mathematische Hauptseminar, das mit 3% bzw. 3 Credits zu den mathematischen Leistungen beiträgt und bei dem ein Vortrag über ein Thema aus der Angewandten Mathematik auszuarbeiten und zu präsentieren ist. Insgesamt liegt somit der direkte mathematische Anteil bei 50% bzw. 45 Credits (falls Fallstudien im Umfang von 5 Credits und Wahlmodule im Anwendungsschwerpunkt im Umfang von 30 Credits gewählt werden).

In allen Fachmodulen steht die Erlangung von fortgeschrittenen theoretischen, methodischen und praktischen Kenntnissen im Vordergrund. Den Studierenden werden anwendungs- und forschungsorientierte Problemstellungen vermittelt. Dabei erhalten sie nicht nur detailliertes Wissen über mathematische Modelle und Methoden, sondern auch die Grenzen ihrer Einsetzbarkeit werden kritisch diskutiert. Des Weiteren bauen die Studierenden im Rahmen der Veranstaltungen ihre Fähigkeiten aus, sich selbstständig in verwandte und neue Fragestellungen aus der Anwendung und Forschung einzuarbeiten, mathematisch zu erfassen und zu analysieren. Ebenso werden die Studierenden in die Lage versetzt, neue Modelle abzuleiten, bestehende mathematische Methoden anzuwenden und bei Bedarf weiterzuentwickeln. In einigen Wahlmodulen erlernen die Studierenden zudem, wie die mathematischen Modelle und Methoden ganz konkret in Matlab, Python oder C/C++ umgesetzt werden können.

Die Inhalte und der Aufbau der einzelnen Blöcke in der Angewandten Mathematik stellen sich wie folgt dar:

### Analysis

Aus dem Bereich der Analysis sollen die Studierenden Fachmodule im Umfang von mindestens 9 Credits wählen. Es werden Themen etwa aus der angewandten Analysis, wie Functional Analysis, Partial Differential Equations und Dynamical Systems vermittelt. Die in diesen Modulen vermittelten Theorien und Methoden bilden unter anderem die Basis für eine korrekte Formulierung für zahlreiche aktuelle Problemstellungen im Bereich der Angewandten Mathematik sowohl in der Praxis als auch in der aktuellen Forschung.

### Numerik und Wissenschaftliches Rechnen

In den Bereichen der Numerik und des Wissenschaftlichen Rechnens sollen die Studierenden Wahlmodule in einem Umfang von mindestens 9 Credits belegen. Zu diesen Themen zählen die Veranstaltungen Numerics of Differential Equations, Numerical Methods for Partial Differential Equations, Computational Inverse Problems, u.a. Neben der Einführung in zahlreiche anwendungs- und forschungsrelevante Fragestellungen (z.B. in den Bereichen der dynamischen Systeme, der (stochastischen) Differentialgleichungen und der inversen Probleme), zielen die Module auf die Vermittlung, ein theoretisches Verständnis und die praktische Umsetzung von methodischem Wissen zur numerischen Behandlung derartiger Problemstellungen ab.

### Optimierung

Aus dem Bereich der Optimierung sind Wahlmodule im Umfang von mindestens 9 Credits zu wählen. Dieser Bereich besteht unter anderem aus den Modulen Nichtlineare Optimierung, Integer Optimization und zwei Mantelvorlesungen über Modern Methods in Nonlinear Optimization. Die fachlichen Kenntnisse und das methodische Wissen aus diesen Veranstaltungen sind unerlässlich für zahlreiche anwendungs- und forschungsrelevante Fragestellungen. Hierzu zählen beispielsweise die optimale Auslegung von logistischen Netzwerken, die optimale Routenplanung von autonomen Fahrzeugen, die optimale Steuerung von dynamischen Systemen oder von physikalischen Prozessen oder die Formoptimierung von Bauteilen. Durch das breitgefächerte Veranstaltungsangebot im Bereich der Optimierung werden die Studierenden optimal auf derartige Fragestellungen vorbereitet.

### Applied Analysis und Computational Mathematics

Abgerundet und ergänzt werden das fachliche Wissen und die methodischen Kenntnisse der Studierenden durch weitere Wahlmodule aus der Angewandten Mathematik. Aus dem Katalog

„Special Lectures in Applied Mathematics“ sind Wahlmodule im Umfang von bis zu 15 Credits wählbar. Dabei wird ausdrücklich empfohlen Module aus den Bereichen der Geometrie, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie zu belegen. Das Veranstaltungsangebot in diesem Katalog ändert sich jedes Semester. Die in den Modulen behandelten Themen orientieren sich häufig an den aktuellen Forschungsinteressen der Dozierenden im Bereich der Angewandten Mathematik. Eine ausreichende Auswahl an Veranstaltungen, die für die Studierenden des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* geeignet sind, ist jederzeit sichergestellt.

### Hauptseminar

Im verpflichtenden Modul „Hauptseminar“ (3 Credits) sollen die Studierenden ihre wissenschaftliche Arbeitsweise und ihre mathematischen Arbeitstechniken anhand einer überschaubaren, aber thematisch anspruchsvollen Fragestellung (vorgegeben durch die Dozierenden) aus der Angewandten Mathematik (z.B. Optimierung, Numerik, Wissenschaftliches Rechnen) ausbauen. Im Zentrum dieses Moduls steht das wissenschaftliche Arbeiten: Dabei arbeiten sich die Studierenden basierend auf Fachliteratur (Bücher, wissenschaftlichen Veröffentlichungen, aktuelle Konferenzberichte) selbständig unter Anleitung der Dozierenden in ein spezielles Thema ein. Aus den ihnen zur Verfügung gestellten Materialien filtern sie die wesentlichen Aussagen heraus und stellen grundlegende Zusammenhänge her. Gegebenenfalls ergänzen sie die bereitgestellten Materialien um die Ergebnisse eigener, weiterführender Recherchen. Im Hinblick auf die verständliche Vermittlung sollen die Studierenden in einem wissenschaftlichen Vortrag ihre Resultate um Beispiele ergänzen. Eine wesentliche Leistung stellt die mündliche Präsentation der eigenen Ergebnisse dar im Rahmen eines Vortrags, visuell unterstützt durch aussagekräftige Folien und Begleitmaterialien. Des Weiteren bereiten die Teilnehmer/-innen sich auf die Diskussion der Inhalte im Rahmen des Seminars vor. In den Vorträgen der anderen Teilnehmer/-innen beteiligen sie sich aktiv an der Diskussion und geben den Vortragenden Feedback zur Präsentation, zum Inhalt und zu dessen Aufbereitung.

## 6.2 Anwendungsschwerpunkt

Die breite Ausbildung in Angewandter Mathematik wird ergänzt durch Wahlmodule im Umfang von mindestens 30 Credits in einem individuell für jeden einzelnen Studierenden nach den eigenen Vorlieben festgelegten Anwendungsschwerpunkt, z.B. aus den Bereichen Physik, Fahrzeugtechnik, Medizintechnik u.a. Jede/-r Studierende kann auf diese Weise ein ganz individuelles Profil entwickeln und ihre/seine mathematischen Kompetenzen optimal auf die Inhalte desjenigen Bereiches abstimmen, der ihren/seinen zukünftigen Karrierezielen bestmöglich entspricht. Der Anwendungsschwerpunkt hat einen Anteil an den Vorlesungen und Übungen von mindestens 33%.

Im Anwendungsschwerpunkt werden detaillierte Kenntnisse in einem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Anwendungsgebiet vermittelt. Für den Anwendungsschwerpunkt sind in der Regel nur solche Fachmodule zugelassen, die auch Studierende des entsprechenden Departments, von der das jeweilige Modul angeboten wird, für ihr Masterstudium belegen können. Dies stellt sicher, dass die/der Studierende angesichts ihrer/seiner zukünftigen Aufgaben in Industrie und Forschung fundiertes, tiefergehendes Wissen sowie umfassende methodische und anwendungsbezogene Kenntnisse in einem sie/ihn interessierenden Gebiet der Ingenieurs- oder Naturwissenschaften erwerben. Gleichzeitig lernen die Studierenden des Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering* durch ihre tagtägliche Ausbildung gemeinsam mit z.B. Ingenieursstudierenden die Denk- und Arbeitskultur kennen, die in dem von ihnen gewählten Anwendungsbereichen auch tatsächlich praktiziert wird.

Um sich besser für spätere Tätigkeiten in der Industrie zu qualifizieren, wird den Studierenden dringend empfohlen, ein oder zwei Module auf Masterniveau aus dem Bereich es Softwareengineering im Anwendungsfach zu belegen. Geeignet sind z.B. ED130001 Professional Software Engineering oder IN2309 Advanced Topics of Software Engineering. Das wird auch ausdrücklich in der Fachstudienberatung so vermittelt. Eine solche Belegung ist nicht verpflichtend, aber attraktiv: Module des Softwareengineering werden als einzige aus der Informatik auf die verpflichtenden Ingenieurmodule angerechnet und garantiert in Englisch angeboten (im Gegensatz zu vielen anderen Modulen aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften). Für Studierende, die im Anschluss an den Master eine wissenschaftliche Karriere im Bereich des Anwendungsschwerpunktes anstreben, kann es allerdings sinnvoller sein, statt Software-Engineering ein oder zwei weitere fachspezifische Module zu belegen.

Bei der Auswahl der Wahlmodule im Anwendungsschwerpunkt werden die Studierenden zu Studienbeginn, aber auch während des Studiums intensiv durch den/die Studienberater/-in beraten und unterstützt. Durch eine schriftliche Fixierung des Anwendungsschwerpunktes wird sowohl die Studierbarkeit als auch die angestrebte hohe und einheitliche Ausbildungsqualität des Anwendungsschwerpunkts sichergestellt.

## 6.3 Interdisziplinäre Aktivitäten

Interdisziplinäre Aktivitäten haben einen Anteil von mindestens 17% an den im Studium zu erbringenden Leistungen (ohne die Masterarbeit). In einer verpflichtenden Fallstudie wird ein praxisnahes Thema aus dem Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften mit mathematischem Bezug in einem Team zusammen mit Studierenden anderer Departments und/oder Schools bearbeitet. Neben der wissenschaftlichen Ausbildung sowie der Vermittlung von Methodenkompetenz und berufsbezogenen Qualifikationen stellt auch der Erwerb von fächerübergreifenden Fähigkeiten („Soft Skills“) ein weiteres Ausbildungsziel dar. Es werden etwa allgemeinbildende bzw. überfachliche Module zu Themen wie Präsentationstechniken oder Grundlagen des Managements angeboten. Ergänzt wird das Studium durch mindestens eine verpflichtende, mindestens einmonatige berufspraktische Tätigkeit (Berufspraktikum) in der Industrie. Im Zuge des Praktikums sollen Einblicke in industrielle Tätigkeiten und Entscheidungsprozesse vermittelt werden. Das Praktikum bietet eine weitere, wichtige Möglichkeit, die Arbeit in interdisziplinären Arbeitsgruppen kennenzulernen und einzuüben.

Die Inhalte und der Aufbau der interdisziplinären Aktivitäten stellen sich wie folgt dar:

### Fallstudien

Das Modul „Fallstudien“ (Case Studies, mindestens 5 Credits) zielt darauf ab, die Studierenden durch die Bearbeitung einer Projektaufgabe (praktische Aufgabenstellung aus Naturwissenschaft und Technik) auf die künftige Arbeit im interdisziplinären Umfeld vorzubereiten. Es findet departmentübergreifend und teilweise auch in Kooperation mit der TUM School of Engineering and Design sowie der TUM School of Natural Sciences, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Industrie statt. Die jeweiligen Themen der Projekte (realisiert wurden bisher u.a. Projekte aus den Bereichen umweltfreundliche Mikromobilität und Erneuerbare Energien, Simulation neuartiger Werkstoffe und Herstellungsverfahren, autonomes Fahren) werden wesentlich von den Kooperationspartnern bestimmt. Die Projektarbeit wird in Gruppen von jeweils drei bis vier Studierenden durchgeführt, von denen mindestens ein/e Teilnehmer/-in nicht Mathematik studiert, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit einzuüben.

Im Rahmen der Fallstudien werden die einzelnen Projekte in ihrer vollen Breite bearbeitet: Hierzu gehören eine präzise Problemformulierung, die Festlegung der zu der Bearbeitung erforderlichen Ressourcen im Sinne eines Projektmanagements, die mathematische Modellierung und die Auswahl der zur Lösung erforderlichen mathematischen Techniken, deren praktische Anwendung auf und Anpassung an das konkrete Problem. Bei der numerischen Lösung der Probleme werden zugleich die Programmierkenntnisse der Studierenden verbessert und angewendet. Im Rahmen der Case Studies trainieren die Studierenden erstmals die komplette Palette der Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse realitätsnah und auf hohem Niveau: Präsentation eines wissenschaftlichen Posters, Vortrag auf der Abschlusskonferenz und Verfassen eines Proceedings-Artikels.

In allen Arbeitsschritten der Projektarbeit wird die Fähigkeit zur Kommunikation und Kooperation durch Teamarbeit und das Finden einer gemeinsamen Sprache gefördert. Hierzu gehört ebenso die kritische Reflexion von Gruppenprozessen sowie Techniken zur Einbindung und Motivation aller Gruppenmitglieder. Gleichzeitig werden bereits erlangte Fachkenntnisse und Fähigkeiten aktualisiert, praktisch angewandt sowie gleichzeitig insbesondere unter interdisziplinären Gesichtspunkten konkretisiert und umgesetzt.

Die Ergebnisse der Fallstudie können Ausgangspunkt für eine sich anschließende mathematische Masterarbeit sein. Es werden Fallstudien in den Bereichen Wissenschaftliches Rechnen, Optimierung, Datenanalyse und Biomathematik angeboten, letztere beschränkt auf Studierende mit einem Studienschwerpunkt in Richtung Biologie, Biochemie und Medizin.

### Überfachliche Grundlagen

Überfachliche Module im Bereich Rhetorik & Präsentationstechniken, Sprachen oder Unternehmensgründung sowie zu Fragen der Nachhaltigkeit und ethischen Verantwortung (etwa IN901002 Scientists and Ethics oder POL70070 Ethics of Technology) sind im Umfang von 4 Credits zu belegen, ihr Besuch dient dem Erwerb fachübergreifender Schlüsselkompetenzen sowie allgemeinbildender Fähigkeiten. Durch das große Lehrangebot im Bereich der überfachlichen Grundlagen können diese Module flexibel gewählt und belegt werden. Den Studierenden steht hierzu eine breite Auswahl an Modulen zur Verfügung, u.a. des Sprachenzentrums der TUM, der UnternehmerTUM und der Carl von Linde-Akademie.

### Berufspraktikum

Ergänzt wird das Studium durch ein verpflichtendes, mindestens vierwöchiges (Vollzeit-) Berufspraktikum (6 Credits), das in der Regel im Anschluss an die Vorlesungszeit des 1. oder 2. (aber auch 3.) Semesters in einem Unternehmen – aber außerhalb von Behörden, Hochschulen und staatlichen Forschungseinrichtungen - abgeleistet werden kann. Die erfolgreiche Teilnahme wird von dem durchführenden Unternehmen bestätigt. Als Studienleistung geht dieses Modul unbenotet ins Studium ein. Neben der schriftlichen Bestätigung über ein mindestens vierwöchiges Berufspraktikum in Vollzeit inklusive der Beschreibung der ausgeübten Tätigkeiten und Aufgaben, werden die Lernergebnisse anhand eines schriftlichen Berichts nachgewiesen. Im Bericht sollen die während des Berufspraktikums gemachten Arbeitserfahrungen anschaulich und auf den wesentlichen Kern reduziert dargelegt und Kenntnisse über Organisation sowie soziale Struktur des jeweiligen Unternehmens erläutert werden. Mit der Vorstellung der jeweils wahrgenommenen Aufgabenbereiche und Tätigkeiten schildern die Studierenden, inwiefern das Praktikum ihnen die Möglichkeit eröffnete, ihr mathematisches Fachwissen verstärkt berufsbezogen einzubringen und um berufspraktische, anwendungsbezogene Fertigkeiten zu erweitern. Sie stellen aber auch

typische Arbeitsabläufe vor, durch die u.a. ihre Kommunikations- und Teamfähigkeit sowie ihr Zeitmanagement gestärkt werden konnten.

Die Aufgaben und Tätigkeiten im Praktikum sollen einen Bezug zu den mathematischen Inhalten des Studiums haben und/oder einen konkreten Anwendungsbezug aufweisen. Beispiele sind Anwendungen wie die Optimierung von asphärischen Linsen, die Modellierung und Optimierung von Produktionsabläufen, die optimale Steuerung von Industrierobotern oder die Berechnung von mechanischen Strukturen im Automobilbau. Hier werden insbesondere Methoden der Numerik und Optimierung benötigt. Tätigkeiten sind u.a. das Verstehen der jeweiligen Anwendungsprobleme und ggf. deren mathematische Modellierung, das Einbringen mathematischer Algorithmen und Ideen, das Kennenlernen von und das Arbeiten mit der für die jeweilige Anwendung relevanten Software. Tätigkeiten sind auch im Bereich der Unternehmensberatung zulässig, sofern sie die eben dargelegten Kriterien erfüllen.

Im Praktikum sollen die Studierenden konkrete Arbeitserfahrungen in der Berufswelt sammeln, dabei vornehmlich ihr akademisch erlangtes Fachwissen in verschiedene Arbeitsprozesse und Aufgabenfelder eines Unternehmens bzw. in der Industrie einbringen und erweitern. Ziel ist zudem, die Studierenden frühzeitig in der interdisziplinären Projektarbeit in Teams zu schulen.

Die Gesamtstunden des Moduls (insgesamt 180 Stunden) setzen sich aus dem Praktikum selbst (160 Stunden) und der individuellen Berufsorientierung, dem Bewerbungsprozess sowie der Erstellung des Berichts zusammen. In der Regel erhalten die Studierenden für den vorgesehenen Zeitraum einen Praktikumsplatz. Freiwillig längere Zeiträume erhöhen die Erfolgschancen bei der Suche nach einem interessanten Praktikum und ermöglichen häufig anspruchsvollere Tätigkeiten. Entsprechend der skizzierten Grundideen werden auch Werkstudententätigkeiten in der Industrie mit Bezug zur Mathematik und/oder einem Nebenfach als Praktikum anerkannt, sofern die geforderte Gesamtdauer erbracht wurde. Dies hilft insbesondere Studierenden, die studienbegleitend entsprechende Werkstudententätigkeiten ausüben, um sich ihr Studium zu finanzieren. Da diese Tätigkeiten nicht in Vollzeit ausgeübt werden können, erfolgt hier die stundengenaue Abrechnung bei Anerkennung einer Äquivalenz.

## 6.4 Master’s Thesis

Im vierten Semester ist die sechsmonatige Master’s Thesis (30 Credits) angesetzt. Die Studierenden sollen eine Problemstellung der aktuellen mathematischen Forschung bearbeiten. Entsprechend der Ausrichtung des Studienganges soll die Masterarbeit stets auch ein explizites Anwendungsbeispiel aus Naturwissenschaft und Technik für die bearbeiteten mathematischen Inhalte enthalten (z.B. optimale Steuerung von Industrierobotern). Sie sollen mit dem erlernten Fachwissen sowie mit relevanter Fachliteratur, die selbstständig herangezogen wird, eigene Methoden und Lösungsansätze entwerfen. Je nach Aufgabenstellung gehört zur Bearbeitung z.B. auch die Implementierung eines Algorithmus oder der Vergleich verschiedener mathematischer Verfahren. Die schriftlich ausgearbeitete Thesis besitzt einen Umfang von ca. 80 - 100 Seiten. Die Anfertigung der mathematischen Masterarbeit in Kooperation mit einem Institut einer anderen School, einer außeruniversitären Forschungseinrichtung oder einem Industrieunternehmen wird unterstützt, sofern diese Masterarbeit durch ein fachkundiges und prüfungsberechtigtes Mitglied der TUM School of Computation, Information and Technology mitbetreut und benotet wird.

## 6.5 Mobilität

Den Studierenden wird empfohlen, während ihres Masterstudiums ein Semester an einer der zahlreichen Partneruniversitäten der TUM in den USA, Kanada, Australien, Asien und Europa mit fachlichem Bezug zu den Inhalten des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* zu absolvieren. Ein umfangreiches Betreuungsangebot unterstützt die Studierenden: Individuelle Beratung zur Planung und Durchführung des Auslandsaufenthaltes erhalten die Studierenden bei der/dem Auslandsbeauftragten des Departments und beim dem/der Fachstudienberater/-in. Hier wird durch intensive Beratung der Studierenden auch sichergestellt, dass die im Ausland erbrachten Studienleistungen vollumfänglich eingebracht werden können. Module an der Auslandsuniversität, die für den Anwendungsschwerpunkt bestimmt sind, können vor Beginn des Auslandsaufenthaltes bereits rechtssicher im Nebenfachplan verankert werden. Durch die große Wahlfreiheit im Studium ist ein Auslandsaufenthalt leicht integrierbar und ein Mobilitätsfenster prinzipiell in jedem Fachsemester gegeben. Durch viele und enge universitären Kooperationen weltweit steht den Studierenden eine große Auswahl an Austauschplätzen zur Verfügung - etwa im Rahmen des Erasmus- oder TUMexchange-Programms - die sie neben dem Studium auch zum Sammeln interkultureller Erfahrungen nutzen können. Auslandspraktika und entsprechende Werkstudententätigkeiten direkt im Anschluss an den Studienaufenthalt im Ausland werden nachdrücklich empfohlen. Die notwendigen Freiräume zur fachlichen Vertiefung und die spätere Anerkennung der im Ausland erbrachten Leistungen sind im Konzept verankert. Für die Anerkennung von Auslandsmodulen sind spezielle Mobilitätsabschnitte in der Prüfungsordnung vorgesehen, die auch eine Anerkennung von Modulen ermöglicht, für die es an der TUM keine direkte Entsprechung gibt. In der Prüfungsordnung sind dazu die Mobilitätsabschnitte „Mathematical Modules from other Universities“ und „Anwendungsfachmodule an anderen Universitäten“ vorgesehen, die sowohl für Mathematik-Module als auch für Module im Anwendungsbereich eine Anerkennung ermöglichen. Nach Möglichkeit wird auch die Erlangung eines Doppelabschlusses an der TUM und an der renommierten Partneruniversität KTH in Stockholm unterstützt. Besonders befähigte Studierende können die enge Kooperation zwischen der Technischen Universität München und der KTH in Stockholm nutzen, um ein Double Degree zu erlangen. Sie verbringen dabei ein Jahr an der Partneruniversität, Module werden gegenseitig anerkannt.

## 6.6 Begründung für kleine Module im Studienplan

Module unter 5 Credits können im Bereich „Überfachliche Grundlagen“ gewählt werden. Das Modul „Hauptseminar“ umfasst 3 Credits, darüber hinaus gibt es in den Anwendungsfächern vereinzelt kleine Module.

### Überfachliche Grundlagen

Im Studiengang sollen im Rahmen der „Überfachlichen Grundlagen“ Module im Umfang von insgesamt 4 Credits absolviert werden. Das Angebot soll den Studierenden die Möglichkeit bieten, ihre vorwiegend naturwissenschaftlichen Kernkompetenzen um allgemeine, nach individuellen Interessen und Neigungen gewählten Fähigkeiten zum Zwecke der weiteren Persönlichkeitsentwicklung zu ergänzen. Die Studierenden verfügen idealerweise über Schlüsselkompetenzen, die für den Erfolg im Studium und insbesondere für die späteren Berufstätigkeiten förderlich sind. Überfachliche bzw. allgemeinbildende Module wie etwa Präsentationstraining, Konfliktmanagement, wissenschaftliches Schreiben oder bestimmte Problemlösungsstrategien sind fokussiert auf das Vermitteln bestimmter, praktisch wertvoller

Fähigkeiten und werden oft als ein- bis zweitägige Kurse mit anschließender Prüfung abgehalten. In den angebotenen Wahlmodulen des Bereichs „Überfachliche Grundlagen“ ist daher ein Modulumfang von in der Regel 2 bis 4 Credits ausreichend und der erforderlichen Arbeitsbelastung angemessen, um die dem Modul zugeordneten Lernergebnisse zu erreichen. Es werden auch während der vorlesungsfreien Zeiten Module im Bereich „Überfachliche Grundlagen“ angeboten.

### Hauptseminar

Das Modul „Hauptseminar“ ist für alle Studierenden verpflichtend und ausschließlich am Department für Mathematik ableistbar. Hier stehen das eigenständige wissenschaftliche Arbeiten und die Vorbereitung eines mathematischen Vortrages im Fokus, der zugleich die Studienleistung darstellt. Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Arbeitsweise und Arbeitstechniken im Rahmen der Bearbeitung einer vorgegebenen, klar abgesteckten wissenschaftlichen Fragestellung aus der Angewandten Mathematik kennen. Dies erfolgt vor allem in Eigenstudium, in Gesprächen mit den Dozierenden können sie ihre Zwischenstände diskutieren. Sie weisen nach, dass sie die vorgegebene Fragestellung auf Grundlage vorgegebener mathematischer Literatur und anhand des zugrundeliegenden mathematischen Fachwissens lösungsorientiert analysieren und strukturieren können. Im begleitenden Hauptseminar sollen sie in einem 90-minütigen Vortrag ihre Analysen anhand der richtigen Fachtermini darstellen, in ihren mathematischen Kontext einbetten und darüber hinaus in einen Dialog mit den Zuhörern eintreten können. Der Modulumfang von 3 Credits ist hierfür ausreichend und dem erforderlichen Arbeitsaufwand (Eigenstudiumszeit 90 h, Präsenzzeit 30 h) angemessen, um die dem Modul zugeordneten Lernergebnisse sowie die Qualifikationsziele des Studiengangs zu erreichen. Die Erweiterung des Moduls um eine Lehrveranstaltung oder die Zusammenlegung mit einem anderen Modul ist fachlich nicht geboten.

### Kleine Module im Anwendungsschwerpunkt

Im Wahlkatalog der Anwendungsfächer werden neben großen Wahlmodulen auch vereinzelt kleine Module (kleiner 5 Credits) angeboten, deren Lernergebnisse sich fachlich gut in den Studiengang einfügen. Dabei werden in kleinen Modulen des Wahlbereichs ergänzende und spezifische Fach- und Anwendungskompetenzen vermittelt, v.a. bieten sie einen fokussierten Einblick in aktuelle Fragestellungen des gewählten Anwendungsfachs. Sie werden in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik gerne eingesetzt, um Studierende an spezielle, aktuelle Forschungsthemen heranzuführen. Allgemein gilt, dass die Studierenden in diesem Bereich frei nach ihren Interessen und Neigungen wählen sollen und so ihr individuelles Profil schärfen können. So obliegt es den Studierenden, neben großen Wahlmodulen auch kleinere Module zu wählen. Die Studierenden werden darauf hingewiesen, dass insbesondere kleinere Module häufig nur sehr unregelmäßig angeboten werden. Prinzipiell ist aber sichergestellt, dass ausreichend Wahlmodule im Umfang größer/gleich 5 Credits vorhanden sind und im Rahmen der vorgesehenen Prüfungslast von maximal sechs Prüfungen je Semester studiert werden kann.

## 6.7 Exemplarische Studienpläne

Die Fachprüfungs- und Studienordnung lässt den Studierenden Wahlfreiheiten bei der Zusammenstellung ihres Studienplans, wobei in den jeweiligen Abschnitten Mindestvorgaben an abzuleistenden Credits bestehen. Nachfolgend sind Studienpläne für drei verschiedene Anwendungsschwerpunkte abgebildet. Studienbeginn ist jeweils das Wintersemester.

Die Veranstaltungen basieren auf dem aktuellen Vorlesungsangebot WS 22/23 – WS 23/24 an der Technischen Universität München.

## Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Medizintechnik

Der Studienplan in Tabelle 3 realisiert exemplarisch einen Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Medizintechnik. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10 zu finden.

| 1. Semester | 2. Semester | 3.Semester | 4. Semester |
|---|---|---|---|
| Numerics of Differential Equations (MA3001)<br>Klausur<br>9 Credits | Parial Differential Equations (MA3005)<br>Klausur<br>9 Credits | Introduction to Nonlinear Dynamics<br>(MA3080)<br>Klausur<br>5 Credits | Masterarbeit |
| Nonlinear Optimization (MA3503)<br>Klausur<br>5 Credits | Modern Methods in Nonlinear Optimization (MA4503)<br>Klausur<br>5 Credits | Computational Plasma Physics<br>(MA4304)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| Medical Technology 1 (MW0056)<br>Klausur<br>5 Credits | Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung (MW1817)<br>Klausur<br>5 Credits | Informatikanwendung in der Medizin (IN2021)<br>Klausur<br>6 Credits | |
| Finite Elemente (MW0612))<br>Klausur<br>5 Credits | Nichtlineare Finite Elemente (MW0620)<br>Klausur<br>5 Credits | Hauptseminar (MA6015)<br>Präsentation<br>3 Credits | |
| Prof. Software Engineering (ED130001)<br>Klausur<br>6 Credits | Case Studies: Scientific Computing<br>(CIT4130015)<br>Präsentationen<br>7 Credits | Berufspraktikum (MA8102)<br>6 Credits | |
| | | Ethics of Technology (POL70070)<br>2 Credits<br>Individual Change Management<br>(CLV0000503)<br>2 Credits | |
| **5 Prüfungsleistungen** | **5 Prüfungsleistungen** | **6 Prüfungsleistungen** | **1 Prüfleistung** |
| **30 Credits** | **31 Credits** | **29 Credits** | **30 Credits** |

Legende: dunkelblau = Abschlussarbeit und Praktikum
hellblau = Seminar und Fallstudien

Tabelle 3: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* mit Anwendungsschwerpunkt Medizintechnik

## Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Physik

Der zweite Studienplan in Tabelle 4 realisiert exemplarisch einen Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Festkörper. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10 zu finden.

| 1. Semester | 2. Semester | 3.Semester | 4. Semester |
|---|---|---|---|
| Numerics of Differential Equations (MA3001)<br>Klausur<br>9 Credits | Numerical Methods for PDE<br>(MA3303)<br>Klausur<br>9 Credits | Integer Optimization<br>(MA3505)<br>Klausur<br>9 Credits | Masterarbeit |
| Nonlinear Optimization (MA3503)<br>Klausur<br>5 Credits | Parial Differential Equations (MA3005)<br>Klausur<br>9 Credits | Halbleiter-Quanten-Bauelemente<br>(NAT3006)<br>Klausur<br>10 Credits | |
| Berufspraktikum (MA81026) Credits | Photonic Quantum Technologies<br>(CIT4430005)<br>Mündliche Prüfung<br>5 Credits | Halbleitersensoren<br>(EI0622)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| Fortgeschrittene Halbleiterphysik (PH2155)<br>Klausur<br>10 Credits | Case Studies: Scientific Computing<br>(CIT4130015)<br>Präsentation<br>6 Credits | Hauptseminar (MA6015)<br>Präsentation<br>3 Credits | |
| | | Seminar: Scientists and Ethics (IN901002)<br>Präsentation<br>4 Credits | |
| **3 Prüfungsleistungen** | **4 Prüfungsleistungen** | **5 Prüfungsleistungen** | **1 Prüfleistung** |
| **30 Credits** | **29 Credits** | **31 Credits** | **30 Credits** |

Legende: dunkelblau = Abschlussarbeit und Praktikum
hellblau = Seminar und Fallstudien

Tabelle 4: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* mit Anwendungsschwerpunkt „Angewandte Halbleiterphysik“

## Anwendungsschwerpunkt Fahrzeugtechnik

Tab. 5 enthält für einen Studenten/eine Studentin, der/die seine/ihre spätere Wunschtätigkeit im Bereich des Fahrzeugbaus sieht, ein exemplarischer Studienplan erstellt.

| 1. Semester | 2. Semester | 3.Semester | 4. Semester |
|---|---|---|---|
| Numerics of Differential Equations (MA3001)<br>Klausur<br>9 Credits | Functional Analysis<br>(MA3001)<br>Klausur<br>9 Credits | Optimal Control of ODEs<br>(MA6016)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| Integer Optimization (MA3505)<br>Klausur<br>9 Credits | Advanced Topics of Software Engineering (IN2126)<br>Klausur<br>8 Credits | Nonlinear Optimization (MA3503)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| Robotics (IN2067)<br>Klausur<br>5 Credits | Auslegung von Elektrofahrzeugen (MW2076)<br>Klausur<br>5 Credits | Grundlagen der künstlichen Intelligenz (IN2062)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| Grundlagen des Kraftfahrzeugbaus (MW1911)<br>Klausur<br>5 Credits | Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation<br>6 Credits | Case Studies: Scientific Computing<br>(MA4305)<br>Präsentation<br>7 Credits | Masterarbeit |
| Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen<br>z.B. Individual Change Management (CLV0000503)<br>2 Credits | Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen<br>z.B. Total Immersion English (SZ0451)<br>2 Credits | Fahrzeugkonzepte – Auslegung und Simulation<br>(MW1586)<br>Klausur<br>5 Credits | |
| | | Hauptseminar (MA6015)<br>Präsentation<br>3 Credits | |
| **5 Prüfungsleistungen** | **4 Prüfungsleistungen** | **6 Prüfungsleistungen** | **1 Prüfleistung** |
| **30 Credits** | **30 Credits** | **30 Credits** | **30 Credits** |

Legende: dunkelblau = Abschlussarbeit und Praktikum

hellblau = Seminar und Fallstudien

Tabelle 5: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang *Mathemartics in Science and* Engineering mit Anwendungsschwerpunkt Fahrzeugtechnik

# 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Organisatorisch ist der Studiengang an der TUM School of School of Computation, Information and Technology und im Professional Profile/Studienkommission Mathematik verortet. Darüber hinaus sind am Studiengang TUM School of Engineering and Design und TUM School of Natural Sciences beteiligt.

Für administrative Aspekte der Studienorganisation sind teils die zentralen Arbeitsbereiche des TUM Center for Study and Teaching (TUM CST), teils Einrichtungen der School 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)

  dezentral:
  Anja Hoffmann
  E-Mailadresse: master@ma.tum.de

  Dr. Michael Ritter
  E-Mailadresse: master@ma.tum.de

- Fachstudienberatung:

  Prof. Dr-Ing. Rainer Callies
  E-Mailadresse: callies@cit.tum.de
  Telefonnummer: +49 (0)89 289 18402

- Student Office, Infopoint oder Ähnliches:

  Infopoint Mathematik
  E-Mailadresse: infopoint@ma.tum.de
  Telefonnummer: +49 (0)89 289 17577

- Beratung Auslandsaufenthalt/Internationalisierung:

  zentral:
  TUM Global & Alumni Office
  internationalcenter@tum.de

  dezentral:
  Julia Cyllok
  E-Mailadresse: cyllok@ma.tum.de

| | |
|---|---|
| | Telefonnummer: +49 (0)89 289 17596<br><br>Carola Jumpertz<br>E-Mailadresse: jumpertz@ma.tum.de<br>Telefonnummer: +40 (0)89 289 17552 |
| • Frauenbeauftragter: | Prof. Dr. Felix Krahmer<br>E-Mailadresse: Felix.Krahmer@ma.tum.de<br>Telefonnummer: +49 (0)89 289 17461 |
| • Beratung barrierefreies Studium: | zentral:<br>Servicestelle für behinderte und chronisch kranke Studierende und Studieninteressierte (TUM CST)<br>E-Mailadresse: Handicap@zv.tum.de<br>Telefonnummer: +49 (0)89 289 22737<br><br>dezentral:<br>Dr. Michael Ritter<br>E-Mailadresse: michael.ritter@tum.de |
| • Bewerbung und Immatrikulation: | zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)<br>E-Mailadresse: studium@tum.de<br>Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245<br>Bewerbung, Immatrikulation,<br>Student Card, Beurlaubung,<br>Rückmeldung, Exmatrikulation |
| Eignungsverfahren: | zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)<br><br>dezentral:<br>Nina Maier<br>E-Mailadresse: mscapp@ma.tum.de<br>Telefonnummer: +49 (0)89 289 17554<br><br>Dr. Michael Prähofer<br>E-Mailadresse: mscapp@ma.tum.de<br>Telefonnummer: +49 (0)89 289 17008 |
| • Beiträge und Stipendien: | zentral: Beiträge und Stipendien (TUM CST)<br>E-Mailadresse:<br>beitragsmanagement@zv.tum.de<br>Stipendien und Semesterbeiträge |
| • Zentrale Prüfungsangelegenheiten: | zentral: Zentrale Prüfungsangelegenheiten (TUM CST), Campus Garching<br>Abschlussdokumente, Prüfungsbescheide,<br>Studienabschlussbescheinigungen |

- Dezentrale Prüfungsverwaltung: Anja Hoffmann
  E-Mailadresse: master@ma.tum.de
  Telefonnummer: +49 (0)89 289 17550
- Prüfungsausschuss: Prof. Dr. Johannes Müller (Vorsitzende/r)
  Dr. Michael Ritter (Schriftführer/in)
- Qualitätsmanagement: zentral: Qualitätsmanagement (TUM CST)
  https://www.tum.de/studium/tumcst/teams-cst/

  dezentral:
  Dipl.-Math. Angela Puchert
  E-Mailadresse: puchert@ma.tum.de
  Telefonnummer: +49 (0)89 289 17046
  QM-Beauftragte, Organisation QM-Zirkel,
  Evaluationsbeauftragte

  folgenden Ansprechpersonen:
  Vice Dean Academic and Student Affairs,
  Koordination Modulmanagement

# 8 Entwicklungen im Studiengang

### Entwicklungen bis 2020

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* zielt seit seiner Einführung zum Wintersemester 2007/2008 auf eine anwendungsnahe, theoretisch wohlfundierte Ausbildung in der Angewandten Mathematik ab. Gleichzeitig soll er enge Verbindungen zu echten Anwendungen aus Naturwissenschaft und Ingenieurwesen herstellen. Er ging aus dem ursprünglichen Diplomstudiengang Technomathematik hervor, der bereits die Grundidee des Anwendungsschwerpunktes realisierte.

Strukturelle Anpassungen im Zuge der Bologna Reform erfolgten im Jahr 2012.

In den darauffolgenden Jahren wurden kleinere Änderungen vorgenommen, z.B. die Aktualisierung der Einzelkataloge durch neue Fachmodule. 2014 wurde das Modulangebot der Fakultät so überarbeitet, dass alle Masterstudiengänge sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch studierbar sind. Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen erforderten Anpassungen des Eignungsverfahrens.

Im Zuge der Überarbeitung der Lehrstrategie in 2017 wurde berücksichtigt, dass in der Forschung immer mehr interdisziplinäre und anwendungsnahe Richtungen Raum einnehmen und gleichzeitig die Ansprüche des Arbeitsmarktes immer heterogener werden. Für bestimmte Anwendungsbereiche werden immer häufiger spezialisierte, interdisziplinär ausgebildete Mathematikerinnen und Mathematiker gesucht. Daneben gibt es aber weiterhin den Bedarf an breit ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen, die solide Kenntnisse in mehreren Gebieten der Angewandten Mathematik - z.B. Numerik und Optimierung - vorweisen können.

Mit der Überarbeitung in 2018/2019 kam es zu einer deutlichen Profilschärfung des Studienganges. Gemäß den Anforderungen potentieller Arbeitgeber wurden die Wahlbereiche Numerische Mathematik und Optimierung neu strukturiert und ausgebaut. Wie in Abschnitt 1.1 beschrieben nimmt der Bereich der rechnergestützten Verfahren etwa zur Simulation und Optimierung an Forschungsinstituten, in der universitären Forschung sowie in den Entwicklungslabors großer Unternehmen und zunehmend auch in kleinen und mittelständischen Unternehmen eine immer wichtigere Rolle ein. Denn häufig ist es nicht mehr wirtschaftlich oder technisch nicht möglich, die Entwicklung neuer Produktionsverfahren, industrielle oder natürliche Prozesse oder technische Designs allein durch Prototypen oder Experimente zu realisieren bzw. voranzutreiben. Durch das neue Modulangebot in den Bereichen der Numerischen Analysis, des Wissenschaftlichen Rechnens und der Optimierung im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* werden die Absolventinnen und Absolventen nun noch umfassender auf diese Fragestellungen vorbereitet.

Ab dem Wintersemester 2019/2020 wurde das neue Modul „Fallstudien“ für alle Studierenden verpflichtend. Es zielt darauf ab, eine praktische Aufgabenstellung aus den Naturwissenschaften oder der Technik in interdisziplinärer Teamarbeit zu lösen. Die Studierenden sollen so zielgerichtet auf ihre künftige Arbeit im interdisziplinären Umfeld in Industrie und Forschung vorbereitet werden. Gemäß den Wünschen der Studierenden wurden außerdem die Möglichkeiten erweitert, bei Auslandsaufenthalten erworbene Studienleistungen für das Studium anerkannt zu bekommen.

## Neue Maßnahmen ab 2020

In die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen flossen entsprechend dem QM-System der TUM die Ergebnisse aus dem erweiterten QM-Zirkel vom 13.01.2021 (mit externen Expertinnen und Experten), den regulären QM-Zirkeln inklusive den Studierenden- und Absolventenbefragungen mit ein. Es wurden auch Anregungen aus informellen Gesprächen mit Wirtschaftsvertreterinnen und -vertretern sowie Kolleginnen und Kollegen der anderen TUM Schools aufgegriffen.

Die Wahlkataloge A1.1 - A1.3 wurden aktualisiert und das fachliche Angebot auf Wunsch der Studierenden erweitert, um zukünftig in jedem Semester eine ausreichende Anzahl von Prüfungsmöglichkeiten sicherzustellen. In A1.1 (Analysis) wurden die Module MA3080 Introduction to Nonlinear Dynamics und MA5300 Topics in Dynamical Systems neu aufgenommen. In A1.2 (Numerical Analysis and Scientific Computing) wird mit der zusätzlichen Aufnahme von CIT4130021 Advanced Topics In Uncertainty Quantification ein aktuelles Forschungsgebiet stärker gewichtet und mit der Aufnahme von MA3001 Numerics of Differential Equations der veränderten Struktur der Numerik-Vorlesungen Rechnung getragen. Gleichzeitig ergibt sich hier durch eine zweite Vorlesung mit 9 Credits für die Studierenden eine Alternative, um die Pflichtzahl an 9 Credits für dieses Modul mit nur eine Vorlesung zu erfüllen. Die Vorlesung MA3508 Monte Carlo Methods wurde länger nicht mehr angeboten und entfällt. In A1.3 (Optimierung) wurde mit MA3505 Integer Optimization ebenfalls eine 9-Credit-Vorlesung neu aufgenommen. Dafür entfällt die kleinere Vorlesung MA3502 Diskrete Optimierung, deren Inhalt weitgehend von MA3505 mit abgedeckt wird.

Die "Case Studies in Scientific Computing" wurden mit hohem personellen Aufwand weiterentwickelt. Es wurden zahlreiche KMUs der lokalen Wirtschaft (u.a. Vitesco Technologies, VectoFlow, MVG, perisens) von den Vorteilen einer Beteiligung an diesem Modul überzeugt; interessante neue Projekte konnten für die Studierenden eingeworben werden. Mehrere Studierende bekamen im Anschluss direkt Werkstudententätigkeiten angeboten oder Arbeitsplatzzusagen noch vor Abschluss des Studiums. Inhaltlich wurde die Gelegenheit genutzt, im Rahmen dieser Case Studies erstmals die komplette Palette der Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse realitätsnah und auf hohem Niveau zu trainieren: Präsentation eines wissenschaftlichen Posters, Vortrag auf der Abschlusskonferenz und Verfassen eines Proceedings-Artikels. Entsprechend den Wünschen der Studierenden wurden im selben formalen Rahmen Case Studies mit 5, 6 und 7 ECTS angeboten, die sich lediglich im Umfang der zu bearbeitenden Projekte unterschieden und somit passgenau entsprechend der individuellen Studienplanung ausgewählt werden können.

Bei der Einführung des Industriepraktikums stand von Beginn an im Vordergrund, dass Studierende noch während ihres Studiums direkte Erfahrungen mit den Arbeitsabläufen in der Industrie (nicht Behörde oder staatliche Forschungseinrichtung) sammeln. Im letzten eQMZ wurde das Praktikum im Studiengang insgesamt positiv besprochen und bewertet. Hier wurde auch betont, dass die Praktika aufgrund der starken Anwendungskomponente der Ausbildung nicht an der TUM, sondern außeruniversitär in der Industrie absolviert werden sollten. Entsprechend dieser Grundidee werden nun auch Werkstudententätigkeiten in der Industrie mit Bezug zur Mathematik oder einem Nebenfach als Praktikum anerkannt, sofern die geforderte Gesamtdauer erbracht wurde. Dies hilft insbesondere Studierenden, die studienbegleitend entsprechende Werkstudententätigkeiten ausüben.

Die Kritik einiger Absolventinnen und Absolventen an "zu wenig Statistik" wurde geprüft und im Rahmen des QM-Zirkels als unbegründet bewertet. Bereits seit 2019 wird in der FPSO ausdrücklich zum Belegen von Statistikmodulen geraten (vgl. A1.5/3 der FPSO); dies wird auch regelmäßig in der

Fachstudienberatung angesprochen. Von Wirtschaftsvertreterinnen und -vertretern wird die Notwendigkeit einer vertieften Statistikausbildung für Studierende mit dem Profil des Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering* nicht gesehen.

Im Verlauf der Studienberatungen wurde in den letzten Jahren das Interesse der Studierenden gezielt auf Berufsfelder im Bereich der Erneuerbare Energien, der Energiespeicherung, des Autonomes Fahrens oder der Mikrosystemtechnik gelenkt, in denen zur Zeit große Nachfrage nach Absolvierenden herrscht. Die Flexibilität im Studiengang erlaubt es den Studierenden, entsprechende Module zu genannten Themen/Herausforderungen zu wählen; man vergleiche dazu etwa die aktualisierten Beispielkataloge für Medizintechnik, Fahrzeugtechnik oder Physik in der FPSO. Steigende Zahlen von Absolvierenden mit Nebenfachkombination aus diesen Bereichen belegen den Erfolg dieser Maßnahmen.

Für Studierende, die ein Auslandssemester absolvieren, wurde die Möglichkeit geschaffen, Module an der Auslandsuniversität, die für den Anwendungsschwerpunkt bestimmt sind, bereits vor Beginn des Auslandsaufenthaltes rechtssicher im Nebenfachplan zu verankern. Die Fachstudienberatung schließt jetzt auch solche Module ein; zahlreiche Kontakte zu Fakultäten aus dem Ausland wurden in diesem Zusammenhang neu hergestellt.

Der Bereich der überfachlichen Grundlagen wurde unter Berücksichtigung der Entwicklungen innerhalb der TU München erweitert. In diesem Bereich werden nun neben Sprachkursen und Kursen zur Unternehmensführung den Studierenden auch verstärkt Module aus dem Themenbereich Ethik/gesellschaftliche Verantwortung empfohlen. Solche Kurse sollen Studierende etwa aus den Bereichen Medizintechnik oder Physik dazu sensibilisieren, stets auch die Konsequenzen ihres Handelns und ihrer wissenschaftlichen Arbeit im Blick zu behalten.

Es werden seit 2020 keine Qualifizierungsauflagen mehr ausgesprochen, obwohl die Möglichkeit hierfür weiterhin besteht und obwohl die Bewerberinnen und Bewerber einem relativ breiten Fächerspektrum entstammen. Diese zusätzlichen Module wären innerhalb eines Jahres nach Aufnahme des Studiums zu absolvieren und sind laut Hochschulgesetz nur einmal wiederholbar. Dies führte in der Vergangenheit wegen der Probleme insbesondere ausländischer Studierender im ersten Semester (Sprache, Heimweh, verspäteter Studienbeginn wegen Visa-Problemen, …) sowie der eingeschränkten Anzahl an englischsprachigen Auflagenmodulen auf Bachelorniveau zu unbilligen Härten. Stattdessen werden mit der Zulassung dringende Qualifizierungsempfehlungen ausgesprochen und im weiteren Studium deren Erfüllung durch die betroffenen Studierenden auch ohne Kontrolle vorausgesetzt; die entsprechenden Kompetenzen werden im weiteren Studienverlauf allerdings etwa in den Case Studies konsequent eingefordert. Als Steuerungselement hat sich bisher die erweiterte Studienfortschrittskontrolle nach §38/Abschn. 2 in den meisten Fällen als hinreichend erwiesen und kann bei Bedarf leicht angepasst werden.

### Kurzfristig eingeleitete und geplante Maßnahmen

Zur Zeit läuft die Abstimmung mit den Kollegeninnen und Kollegen des Mathematik-Departments, um weitere neue und zusätzliche Wahlmodule in die Modulbereiche A1.1-A1.3 aufnehmen zu können. Dies setzt allerdings die Bereitschaft der betreffenden Dozierenden voraus, diese Module mindestens über einen Zeitraum von fünf Jahren in annähernd jährlichem Turnus anzubieten.

Im erweiterten QM-Zirkel kam die Anregung, Module des Softwareengineering in das Vorlesungsangebot der Anwendungsschwerpunkte zu integrieren. Die Sinnhaftigkeit, solche Module zu belegen, wird auch ausdrücklich in der Fachstudienberatung kommuniziert, sofern die oder der Studierende eine Karriere in der Industrie anstrebt. Eine solche Belegung ist nicht verpflichtend, aber

attraktiv: Module zum Thema Softwareengineering werden als einzige aus der Informatik auf die verpflichtenden Ingenieurmodule angerechnet und garantiert in Englisch angeboten (im Gegensatz zu den meisten anderen Modulen aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften). Um für die zusätzlichen Module Platz zu schaffen, wurde der Mindestumfang der einzubringenden Module in den mathematischen Bereichen (A1.1-A1.5) von 47 Credits auf 44 Credits reduziert (insgesamt um 3 Credits). Der Mindestumfang der einzubringenden Credits im Anwendungsschwerpunkt wurde um 1 Credit erhöht (von 29 auf 30 Credits). 3 Credits stehen hinsichtlich einer noch größeren Flexibilität damit zur freien Verteilung zur Verfügung.

Beobachtet wird eine stark wachsende Anzahl von internationalen Bewerberinnen und Bewerbern (ca. 90% der Bewerberinnen und Bewerber für das Wintersemester 2023/2024), die die CIT vor neue Herausforderungen stellt. Insbesondere die Fachstudienberatung gestaltet sich deutlich zeitaufwendiger und wird bei Anhalten der Tendenz eine personelle Aufstockung erforderlich machen, wenn man die Betreuungsqualität unverändert erhalten will.

Fehlende Deutschkenntnisse unserer Absolventinnen und Absolventen haben sich in den letzten Jahren als Nachteil auf dem Arbeitsmarkt erwiesen. Dies wird dezidiert auch von Vertreterinnen und Vertretern der lokalen Wirtschaft (d.h. Bayern) bestätigt. Es wird weiterhin versucht, im Rahmen der verpflichtenden Fachstudienberatung den ausländischen Studierenden den Erwerb von Deutschkenntnissen zu empfehlen. Diese Bemühungen wurden nochmals deutlich verstärkt, Studierende wurden teilweise gezielt persönlich angesprochen. Maßnahmen zum Erwerb dieser Kenntnisse können auch teilweise im Bereich "Überfachliche Grundlagen" angerechnet werden. Der Versuch, Englisch und Deutsch verpflichtend als Eingangsvoraussetzung beizubehalten, scheiterte 2019 an juristischen Bedenken, ebenso ein weiterer Versuch, im Eignungsverfahren Bonuspunkte für Deutschkenntnisse zu vergeben. Gegenwärtig wird beobachtet, ob die eingeleiteten niederschwelligen Maßnahmen Erfolg haben.

In jüngster Zeit wird eine zunehmende Zahl von Bewerberinnen und Bewerbern registriert, die mit vergleichsweise geringen mathematischen Vorkenntnissen formaljuristisch äußerst knapp das Eignungsverfahren bestehen, dann aber nach kurzer Zeit im Studium scheitern. Um dies nach Möglichkeit zu verhindern, reagiert das Department durch eine noch transparentere Darstellung der Anforderungen des Studiengangs, den Hinweis auf den primär mathematischen Charakter des Studienganges und das Angebot einer verstärkten Studienberatung bereits während der Bewerbungphase, um aus unserer Sicht kritischen Bewerberinnen und Bewerber für sie geeignetere Alternativen aufzuzeigen.