



Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering*

Fakultät für *Mathematik*,

Technische Universität München

Bezeichnung	Mathematics in Science and Engineering
Organisatorische Zuordnung	Mathematik
Abschluss	Master of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	4 Semester & 120 ECTS-Credits
Studienform	Vollzeit
Zulassung	Eignungsverfahren (EV)
Starttermin	WS 2007/2008
Sprache	Englisch/Deutsch
Studiengangsverantwortliche/r	Prof. Dr. Barbara Wohlmuth Prof. Dr. Michael Ulbrich
Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge	
Ansprechperson bei Rückfragen	Prof. Dr. Rainer Callies, Tel. +49 89 289 18402, callies@ma.tum.de
Version/Stand, vom	26.2.2019
Der/Die Studiendekan/in	

Inhaltsverzeichnis

1	Studiengangsziele	3
1.1	Zweck des Studiengangs	3
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs	5
2	Qualifikationsprofil	7
3	Zielgruppen	10
3.1	Adressatenkreis	10
3.2	Vorkenntnisse der Studienbewerber	11
3.3	Zielzahlen	11
4	Bedarfsanalyse	12
5	Wettbewerbsanalyse	13
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	13
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	16
6	Aufbau des Studiengangs	18
6.1	Angewandte Mathematik	19
6.2	Anwendungsschwerpunkt	21
6.3	Interdisziplinäre Aktivitäten	22
6.4	Master's Thesis	23
6.5	Mobilität	24
6.6	Begründung für kleine Module im Studienplan	24
6.7	Exemplarische Studienpläne	26
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	30
8	Ressourcen	32
8.1	Personelle Ressourcen	32
8.2	Sachausstattung und Räume	32
9	Entwicklungen im Studiengang	32
10	Anhang der Studiengangsdokumentation	35
10.1	Exemplarische Stundenpläne	35
10.2	Ressourcenübersicht	48
10.3	Letters of Intent	49

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 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 noch Vorbehalte gegen den Einsatz von klassisch ausgebildeten Mathematikerinnen und Mathematikern wegen deren vermeintlicher Theorielastigkeit. Hier ist es die Aufgabe der Absolventinnen und Absolventen des interdisziplinär ausgerichteten Masterstudienganges *Mathematics in Science and Engineering*, an der Schnittstelle zwischen mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenbereichen noch bestehende Barrieren aufgrund sicherer Kenntnisse der jeweils anderen Fachdisziplin abzubauen.

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* bietet als zentralen Kern des Studiums eine umfassende Ausbildung in angewandter Mathematik (etwa in angewandter Analysis und Geometrie, in der Modellierung und nichtlinearen Optimierung, in der numerischen Mathematik und dem wissenschaftlichen Rechnen). Gleichzeitig sollen sie in die Lage versetzt werden, in gewissem Umfang auch Aufgaben im Ingenieurbereich bzw. in den naturwissenschaftlichen Anwendungen übernehmen zu können.

Ein 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 mit dem einer bzw. eines Studierenden z.B. des Masters im Maschi-

nenwesen vergleichbar ist. Die oder der Studierende entscheidet sich - unterstützt durch eine intensive studienbegleitende Betreuung - für einen individuell festgelegten und oft fakultätsübergreifend ausgestalteten 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 tiefgehendes Wissen sowie methodische und anwendungsbezogene Kenntnisse in diesem Gebiet der Ingenieurs- oder Naturwissenschaften erwerben, sondern zugleich die 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, sowie neue maßgeschneiderte mathematische Modelle, Verfahren und Algorithmen für technische und naturwissenschaftliche Aufgabenstellungen zu entwickeln und zu implementieren.

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 mindestens 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.

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.

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. Mit der angewandten Analysis, der numerischen Mathematik und der Optimierung als zentralen Forschungsschwerpunkten der Fakultät für Mathematik sind für die Studierenden des Studiengangs hier 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 ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsfach.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Die Technische Universität München versteht sich in ihrem Leitbild als Dienerin der Innovationsgesellschaft, die sich dem Innovationsfortschritt auf Wissenschaftsgebieten verpflichtet. Entsprechend diesem Leitbild hat sich die Fakultät für Mathematik dazu verpflichtet, ihren Studierenden eine exzellente, forschungsnahe Ausbildung im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* zu bieten und gleichzeitig Brücken zwischen theoretischem Verständnis und praktischen Anwendungen zu schlagen. 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 - die Fakultät für Mathematik, die mittlerweile als international kompetitives Zentrum insbesondere für angewandte und interdisziplinäre mathematische Lehre und Forschung in Deutschland zur Spitzengruppe gehört, ist hierzu bestens gerüstet.

Die Fakultät für Mathematik verfolgt mit ihrer Lehrstrategie ein Y-Modell (vgl. Abbildung 1), in dem der Masterstudiengang Mathematics in Science and Engineering als einer von vier

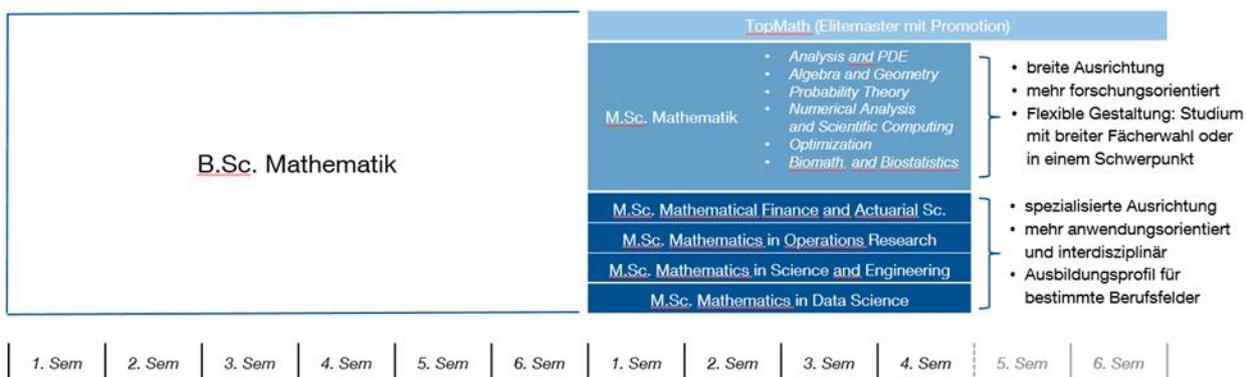


Abbildung 1: Lehrstrategie der Fakultät für Mathematik (Y-Modell)

spezialisierten Masterstudiengängen einen festen Platz einnimmt.

Im Gegensatz zur insgesamt eher breiteren mathematischen Ausbildung im Masterstudiengang Mathematik konzentrieren sich die Spezialmaster auf - je nach Zielsetzung unterschiedliche - aktuelle Anwendungsbereiche der Mathematik. Sie zeichnen sich durch ein klares Ausbildungsprofil für bestimmte berufliche Tätigkeitsfelder aus. Es wird dabei großer Wert auf eine Ausbildung mit interdisziplinärer Komponente in Kooperation mit den jeweiligen Anwendungsfeldern (Fakultäten) gelegt. Dies ist auch ein wesentliches Merkmal der Ausbildung im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering*.

Die interdisziplinäre Komponente des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* fördert und festigt die Zusammenarbeit der Mathematik mit den natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Fakultäten - insbesondere den Fakultäten für Informatik, für Maschinenwesen und für Elektro- und Informationstechnik, für Bau Geo Umwelt, sowie für Physik und Medizin.

Dabei zielt das fakultätsübergreifende Schwerpunktkonzept im Anwendungsfach (vgl. auch Abschnitt 1.1) darauf ab, dass im Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* auch in den ingenieurs- und naturwissenschaftlichen Bereichen 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 Anforderungen und Entwicklungen (z.B. autonomes Fahren) zu reagieren und gezielt Nischen für die Absolventinnen und Absolventen zu besetzen. Hier kann die Fakultät für Mathematik das exzellente, breite Ingenieursportfolio der beteiligten TUM-Fakultäten 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 ingenieurwissenschaftlichen 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 eine Ingenieur fakultät, auch in Bezug auf diese Zielsetzung wird dementsprechend eine fakultätsübergreifende Wirkung erzielt.

Sowohl die TUM als auch die Fakultät für Mathematik legen einen wichtigen Schwerpunkt auf die internationale Vernetzung von Forschung und Lehre. So stehen den Studierenden des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* durch die vielen engen universitären Kooperationen weltweit eine große Auswahl an Austauschplätzen zur Verfügung, die sie neben dem Studium auch zum Sammeln interkultureller Erfahrungen nutzen können. 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 der Fakultät 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 Qualifikationsprofil¹

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. Unter anderem entstammen sie den Bereichen der Strukturmechanik, der Medizintechnik oder der Physik, aber auch sehr individuelle Anwendungsschwerpunkte wie 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.

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.

¹ Das Qualifikationsprofil entspricht den Anforderungen des Qualifikationsrahmens für Deutsche Hochschulabschlüsse (Hochschulqualifikationsrahmens - HQR) gemäß Beschluss vom 16.02.2017 der Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz.

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.

Kommunikation und Kooperation

Neben der fachlichen Qualifikation verfügen die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs *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 in 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) 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.

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.

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 ab Seite 12). 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 Ingenieurwissenschaften 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 empfohlen, im Vorfeld die Fachstudienberatung zu konsultieren. Gegebenenfalls unterstützt die Fakultät für Mathematik solche Studierenden bei der Behebung von Defiziten im mathematischen Bereich, entsprechende Mechanismen sind in der Studienordnung implementiert.

Der Studiengang ist auch für sehr gute Bachelor- und Master-Absolventen/-innen 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 die Fakultät für Mathematik bei der Behebung von Defiziten im mathematischen Bereich erfolgen.

Beobachtet wird neuerdings eine zunehmende Nachfrage von Studierenden anderer deutscher Universitäten (ca. 20% der Bewerber), da dort eine vergleichbare Spezialisierung und Praxisorientierung oft nicht möglich ist. Auch die Anzahl internationaler Bewerbungen nimmt immer weiter zu (ca. 35% der Bewerber). Hier ist allerdings eine deutliche Abgrenzung die-

ses eindeutig mathematisch positionierten Studiengangs zu eher qualitativ orientierten Angeboten erforderlich, um auch weiterhin die Eignung der Bewerberinnen und Bewerber für den anspruchsvollen Studiengang sicherzustellen

3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber

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. Sie kennen Methoden und grundlegende Problemstellungen aus einigen Bereichen der Angewandten Mathematik (Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Differentialgleichungen, Vektoranalysis, 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 Wahl des Anwendungsschwerpunktes ist in diesem Fall jedoch eingeschränkt. 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 konkreter Problemstellungen aus Naturwissenschaft und Technik anwendet. 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.

3.3 Zielzahlen

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ist angesichts der Ressourcen der Fakultät auf etwa 20-25 Neuimmatrikulationen pro Jahrgang ausgelegt; diese Zielzahl wird bereits jetzt weitgehend erreicht, siehe Tabelle 1. Die Zielzahl berücksichtigt 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 Studienfachbetreuer/-in und beim Anfertigen der Master's Thesis, von entscheidender Bedeutung ist.

Der Studiengang stellt Anforderungen an das Vorwissen der Bewerber, die von zahlreichen Bewerbern insbesondere aus dem Ausland nicht erfüllt werden. Dies stellt sich meist jedoch bereits in den Vorgesprächen im Rahmen einer erweiterten Studienberatung heraus: Solche Kandidaten tauchen in der folgenden Bewerberstatistik gar nicht mehr auf.

	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
Bewerbungen	46	42	28	45	76	71	67	96
Neuimmatrikulationen	21	21	11	24	33	23	21	23

Tabelle 1: Entwicklung der Bewerbungs- und Immatrikulationszahlen für den Studiengang Mathematics in Science and Engineering

4 Bedarfsanalyse

Die Arbeitsmarktsituation für Absolventinnen und Absolventen eines Masterstudiengangs in Mathematik ist weiterhin sehr gut. Aktuelle Erhebungen der Bundesagentur für Arbeit² zufolge betrug die Arbeitslosenquote bei Personen mit einem Physik- oder Mathematikstudium lediglich 2,9 Prozent bei über 1000 offenen Stellen, die bei der Agentur für Arbeit eingetragen waren (Stand Mai 2018). Des Weiteren sind die Arbeitslosenzahlen in diesem Bereich fortwährend rückläufig. Im Vergleich dazu lag im Oktober 2018 die Arbeitslosenquote für den gesamten Arbeitsmarkt in Deutschland bei 4,9 Prozent.

Der Studiengang reagiert auf die hohe Nachfrage³ aus der Industrie und vermehrt auch aus den Forschungsinstituten der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsfächer nach angewandten Mathematikerinnen und Mathematikern mit ingenieurwissenschaftlichem 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 Automobil- und ihrer Zulieferindustrie,
- der Medizintechnik

² Statistik der Bundesagentur für Arbeit – Berichte Blickpunkt Arbeitsmarkt – Akademikerinnen und Akademiker, Nürnberg, Mai 2018

³ Absolvierendenbefragung in Zusammenarbeit mit dem Hochschulreferat Studium und Lehre der TUM, Juli 2018

- der Luft- und Raumfahrttechnik,
- 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 Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Science and Engineering* während des Studiums angeeignet haben.

Hervorzuheben ist der Bedarf³ von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) sowie von forschungsintensiven Start-Ups an qualifizierten Mathematikerinnen und Mathematiker, der in diesen Bereichen momentan nicht annähernd 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. Dies macht sie in kleinen Firmen flexibler einsetzbar.

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.

Etwa ein Drittel der Absolventinnen und Absolventen des Masterstudienganges entscheidet sich für eine Promotion, davon etwa zwei Drittel in der Mathematik. Das restliche Drittel beginnt sofort oder nach kurzer Berufstätigkeit eine Promotion in einem der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsschwerpunkte.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Die rapide zunehmende Verwendung von komplexen mathematischen Modellen und Methoden in den Natur- und Ingenieurwissenschaften 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 27 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., Technomathematik), die **Technische Universität Berlin** (M.Sc., Technomathematik) und die **Universität Hamburg** (M.Sc., Technomathematik) 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 eine starke mathematische Fakultät, in die der Studiengang als einer von mehreren Masterstudiengängen hervorragend eingebunden ist. Daneben finden sich in unmittelbarer Nachbarschaft große Fakultäten der Anwendungsfächer mit vorwiegend naturwissenschaftlich-technischer Ausrichtung. Dabei ist Größe in diesem Zusammenhang ein nicht zu unterschätzender Garant dafür, dass viele unterschiedliche Themenschwerpunkte innerhalb jeweils einer Fakultät 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 Fakultäten der Anwendungsfächer.

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 Ingenieur fakultäten sowohl der TUM, von externen 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 Mathematikstudium 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, 60% der Mathematikmodule aus festen Gruppen zu wählen, etwa zwei Numerikveranstaltungen aus sechs 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 von der Fakultät 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. Im Ausland oder an anderen deutschen Hochschulen erbrachte Prüfungsleistungen lassen sich unbürokratisch anerkennen. Hierdurch wird die nationale und internationale Mobilität der Studierenden dieses Masterprogramms zusätzlich gefördert. Individuell unterstützt werden die Studierenden bei der Planung und der Durchführung von Auslandsaufenthalten vom Fachstudienberater bzw. der Fachstudienberaterin und von der bzw. dem Auslandsbeauftragten der Fakultät. 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 50%).

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Studiengänge in der Fakultät für Mathematik

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* ergänzt die Masterstudiengänge der Fakultät für Mathematik (Mathematik, Mathematical Finance and Actuarial Science, Mathematics in Operations Research, Mathematics in Data Science) um einen Masterstudiengang mit eindeutig technisch-naturwissenschaftlicher Ausprägung. 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 der Fakultät 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 Fakultäten!). Das fakultätsübergreifende 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 Klientel 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. Dadurch ist der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* auch attraktiv für ausländische Studierende. 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* sind die Masterstudiengänge Mathematical Finance and Actuarial Science sowie Mathematics in Operations Research wirtschaftswissenschaftlich orientiert. Das Ziel des Studiengangs Mathematical Finance and Actuarial Science ist die vertiefte Ausbildung in der Finanz- und Versicherungsmathematik. Der Studiengang Mathematics in Operations Research zielt auf die Ausbildung von Studierenden ab, die an der Schnittstelle zwischen Mathematik und Optimierung als Spezialisten gelten können. Dennoch teilen sich die Masterstudiengänge Mathematical Finance and Actuarial Science sowie Mathematics in Operations Research zahlreiche Lehrveranstaltungen der Optimierung und Analysis mit dem Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering*. Allerdings haben erstere 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 dieser Studiengänge.

Im Vergleich zum Masterstudiengang Mathematics in Data Science 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 zudem in sehr viel größerem Umfang Elemente der reinen Mathematik, der Statistik und der theoretischen Informatik. Dies alles ist beim Studiengang Mathematics in Science and Engineering nicht der Fall.

Studiengänge anderer Fakultäten der TUM

Neben den Masterstudiengängen, die an der Fakultät Mathematik angeboten werden, gibt es am ehesten noch Überschneidungen des Studienganges *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 Studiengang, der darauf abzielt vor allem Methoden aus der Informatik und der angewandten Mathematik in klassische Anwendungsbereiche der Ingenieurwissenschaften und Naturwissenschaften zu bringen. Zielgruppe des Studienganges sind demnach Absolventinnen und Absolventen aus den Anwendungsbereichen, die ihre Kompetenzen in Richtung Simulation und 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 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 Munich School of Engineering 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 Niveau her deutlich anspruchsvoller und wesentlich breiter. Umgekehrt beschränkt man sich in *Mathematics in Science and Engineering* darauf, im Anwendungsfach – wenn überhaupt – nur ei-

nen 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 der Fakultät Bau Geo Umwelt. 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 Bereich 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. 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 Fakultäten der Anwendungsfächer grundlegende Module schwerpunktmäßig im Winter anbieten. 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.

Bereich	bestehend aus			Semester
Angewandte Mathematik mind. 50 CP (inkl. Fallstudien)	Wahlmodulen in Analysis mind. 9 CP	Wahlmodulen in Numerik mind. 9 CP	Wahlmodulen in Optimierung mind. 10 CP	1-3
	Wahlmodulen in Applied Analysis und Computational Mathematics		Hauptseminar 3 CP	
Anwendungsschwerpunkt, u.a. <ul style="list-style-type: none"> • Strukturmechanik • Medizintechnik • Festkörperphysik • ... 	Wahlmodulen mind. 29 CP			
Interdisziplinäre Aktivitäten	Fallstudien mind. 5 CP	Überfachliche Grundlagen 4 CP	Berufspraktikum 6 CP	
Master's Thesis	Abschlussarbeit in Angewandter Mathematik 30 CP			4

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. 15 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 mindestens 51% bzw. 46 Credits (falls Fallstudien im Umfang von 5 Credits und Wahlmodule im Anwendungsschwerpunkt im Umfang von 29 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 konkret z.B. 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 Numerical Methods for Partial Differential Equations, Computational Inverse Problems, Monte Carlo Methods, 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 10 Credits zu wählen (da nur Einzelmodule im Umfang von jeweils 5 Credits angeboten werden). Dieser Bereich besteht unter anderem aus den Modulen Nichtlineare Optimierung, Diskrete Optimierung und 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 and 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

16 Credits wählbar. Dabei wird empfohlen auch 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 weitere 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 29 Credits in einem individuell für jeden einzelnen Studierenden nach den eigenen Vorlieben festgelegten Anwendungsschwerpunkt, z.B. aus den Bereichen Physik, Strukturmechanik, 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 32%.

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 der entsprechenden Fakultät, 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, tiefgehendes 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.

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. Dabei wird sowohl die Studierbarkeit als auch die angestrebte hohe 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 Fakultäten 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 in Kooperation mit anderen Fakultäten (z.B. Maschinenwesen, Bau Geo Umwelt, Elektro- und Informationstechnik), außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Industrie statt. Die jeweiligen Themen der Projekte (z.B. aus den Bereichen autonomes Fahren, Simulation neuartiger Werkstoffe, Analyse echtzeitfähiger Steuerungen) werden wesentlich von den Kooperationspartnern bestimmt. Die Projektarbeit wird in Gruppen von jeweils maximal drei 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 sowie die professionelle Darstellung der erzielten Ergebnisse in einem Abschlussbericht und der zugehörigen mündlichen Präsentation vor einem größeren Publikum.

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 Reflexion von Gruppenprozessen. 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 bereits Fallstudien in den Bereichen Optimierung und Datenanalyse angeboten, Fallstudien im Wissenschaftlichen Rechnen und Biomathematik werden in Kürze folgen.

Überfachliche Grundlagen

Überfachliche Module im Bereich Rhetorik & Präsentationstechniken, Sprachen oder Unternehmensgründung 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. Semesters in einem Unternehmen abgeleistet werden kann. Die erfolgreiche Teilnahme wird von dem durchführenden Unternehmen bestätigt, in dem die Ausbildung stattgefunden hat. Im Praktikumsseminar werden die Lernergebnisse durch einen mündlichen Seminarvortrag nachgewiesen, der im Anschluss an die Ableistung des Praktikums stattfindet. Dazu werden in jedem Semester mehrere Termine angeboten, in der Regel findet der Seminarvortrag also während der Vorlesungszeit des 2. oder 3. Semesters statt.

Die Aufgaben und Tätigkeiten im Praktikum sollen einen Bezug zu den mathematischen Inhalten des Studiums haben und 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 erste konkrete Arbeitserfahrungen in der Berufswelt sammeln, dabei ihr akademisch erlangtes Fachwissen in verschiedene Arbeitsprozesse und Aufgabenfelder eines Unternehmens einbringen und erweitern. Ziel ist zudem, die Studierenden frühzeitig in der interdisziplinären Projektarbeit in Teams zu schulen.

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 Fakultät, einer außeruniversitären Forschungseinrichtung oder einem Industrieunternehmen wird ausdrücklich unterstützt.

6.5 Mobilität

Den Studierenden wird empfohlen, während ihres Masterstudiums ein oder zwei 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 der Fakultät 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. 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 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 einer der renommierten Partneruniversitäten unterstützt. Besonders befähigte Studierende können die enge Kooperation zwischen der Technischen Universität München und der École Polytechnique in Paris oder der KTH in Stockholm nutzen, um ein Double Degree zu erlangen. Sie verbringen dabei ein Jahr an der Partneruniversität, Module werden gegenseitig anerkannt. Das 4. Semester ist für das Verfassen der Masterarbeit vorgesehen, die ebenfalls an einer Universität oder Forschungseinrichtung im Ausland verfasst werden kann.

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. 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. Prinzipiell ist aber sichergestellt, dass ausreichend Wahl-

module 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 zwei verschiedene Anwendungsschwerpunkte abgebildet.

Die Veranstaltungen basieren auf dem Vorlesungsangebot WS 17/18 – WS 18/19 an der Technischen Universität München.

Anwendungsschwerpunkt Autonomes Fahren

In Tabelle 3 ist für einen Studenten/eine Studentin, der/die seine/ihre spätere Wunschtätigkeit im hochaktuellen Bereich der Entwicklung/Weiterentwicklung des Autonomen Fahrens im Kraftfahrzeugbau sieht, ein exemplarischer Studienplan erstellt. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10.1 aufgeführt. Sowohl Studien- als auch Stundenplan zeigen die Studierbarkeit des entsprechenden Schwerpunktes und seine Vereinbarkeit mit der Mathematikausbildung, obwohl hier Veranstaltungen aus drei verschiedenen Fakultäten (Mathematik, Maschinenwesen und Informatik) beteiligt sind (zuzüglich der Überfachlichen Grundlagen).

Lässt man auch Wahlmodule kleiner als 5 ECTS zu, so kann man den gewünschten Anwendungsschwerpunkt noch präziser auf den Nutzer/die Nutzerin maßschneidern. Dazu würden beispielsweise die Veranstaltungen *Autonomes Fahren* (IN2356, 3 ECTS) oder *Robot Vision* (IN2016, 4ECTS) gehören.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Partial Differential Equations (MA3005) Klausur 9 Credits	Computational Statistics (MA3402) Klausur 5 Credits	Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Masterarbeit
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Foundations of Data Analysis (MA4800) Klausur 8 Credits	Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	
Robot 3D Vision (IN2355) Klausur 5 Credits	Auslegung von Elektrofahrzeugen (MW2076) Klausur 5 Credits	Grundlagen der künstlichen Intelligenz (IN2062) Klausur 5 Credits	
Grundlagen des Kraftfahrzeugbaus (MW1911) Klausur 5 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	Case Studies: Scientific Computing (MA4305) Präsentation 6 Credits	
Künstliche Intelligenz in der Fahrzeugtechnik (MW0028) Klausur 5 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits	Fahrzeugkonzepte – Auslegung und Simulation (MW1586) Klausur 5 Credits	
Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Individual Change Management (CLA21213) 2 Credits	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits		
6 Prüfungsleistungen	5 Prüfungsleistungen	5 Prüfungsleistungen	1 Prüfleistung
31 Credits	29 Credits	30 Credits	30 Credits

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

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

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Medizintechnik

Der zweite Studienplan in Tabelle 4 realisiert exemplarisch einen Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Medizintechnik. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10.1 zu finden.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Partial Differential Equations (MA3005) Klausur 9 Credits	Informatikanwendungen in der Medizin II (IN2022) Klausur 5 Credits	Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Masterarbeit
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Foundations of Data Analysis (MA4800) Klausur 8 Credits	Projective Geometry (MA3204) Klausur 5 Credits	
Robot 3D Vision (IN2355) Klausur 5 Credits	Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung (MW1817) Klausur 5 Credits	Grundlagen der künstlichen Intelligenz (IN2062) Klausur 5 Credits	
Finite Elemente (MW0612) Klausur 5 Credits	Nichtlineare Finite Elemente (MW0620) Klausur 5 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	
Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits	Case Studies: Scientific Computing (MA4305) Präsentation 6 Credits	
Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Individual Change Management (CLA21213) 2 Credits		Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits	
6 Prüfungsleistungen	4 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	1 Prüfleistung
31 Credits	29 Credits	30 Credits	30 Credits

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

Tabelle 4: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang Mathematics in Science and Engineering

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Physik

Der dritte Studienplan in Tabelle 5 realisiert exemplarisch einen Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Physik. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10.1 zu finden.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Partial Differential Equations (MA3005) Klausur 9 Credits	Computational Statistics (MA3402) Klausur 5 Credits	Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Masterarbeit
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Foundations of Data Analysis (MA4800) Klausur 8 Credits	Quantenmechanik 2 (PH1002) Klausur 10 Credits	
Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	Halbleiterelektronik und Photonische Bauteile (PH2171) Mündliche Prüfung 5 Credits	Semiconductor Quantum Photonics (PH2273) Klausur 5 Credits	
Halbleiterphysik (PH2155) Klausur 10 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	Case Studies: Scientific Computing (MA4305) Präsentation 6 Credits	
Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Individual Change Management (CLA21213) 2 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits		
	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits		
5 Prüfungsleistungen	5 Prüfungsleistungen	4 Prüfungsleistungen	1 Prüfleistung
31 Credits	29 Credits	30 Credits	30 Credits

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

Tabelle 5: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering*

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Strukturmechanik

Der vierte Studienplan in Tabelle 6 realisiert exemplarisch einen Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Strukturmechanik. Der entsprechende Stundenplan ist in Abschnitt 10.1 zu finden.

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Partial Differential Equations (MA3005) Klausur 9 Credits	Moderne Methoden der Regelungstechnik 1 (MW0538) Klausur 5 Credits	Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Masterarbeit
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Foundations of Data Analysis (MA4800) Klausur 8 Credits	Projective Geometry (MA3204) Klausur 5 Credits	
Technische Dynamik (MW2098) Klausur 5 Credits	Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung (MW1817) Klausur 5 Credits	Adaptive Strukturen (MW0463) Klausur 5 Credits	
Finite Elemente (MW0612) Klausur 5 Credits	Nichtlineare Finite Elemente (MW0620) Klausur 5 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	
Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits	Case Studies: Scientific Computing (MA4305) Präsentation 6 Credits	
Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Individual Change Management (CLA21213) 2 Credits		Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits	
6 Prüfungsleistungen	4 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	1 Prüfleistung
31 Credits	29 Credits	30 Credits	30 Credits

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

Tabelle 6: Exemplarischer Studienplan für den Masterstudiengang Mathematics in Science and Engineering

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* wird von der Fakultät für Mathematik durchgeführt, unter Beteiligung von Lehrstühlen und Professuren anderer Fakultäten im Rahmen der Anwendungsschwerpunkte und der überfachlichen Grundlagen. Innerhalb der Fakultät ist der Studiendekan bzw. die Studiendekanin für den Studiengang verantwortlich. Das Lehrangebot für den Studiengang wird dabei wie folgt sichergestellt:

- **Analysis:** Prof. Dr. Marco Cicalese, Prof. Dr. Gero Friesecke, Prof. Dr. Christian Kühn, Prof. Dr. Daniel Matthes, Prof. Dr. Michael Wolf, u.a.
- **Numerik und Wissenschaftliches Rechnen:** Prof. Dr. Folkmar Bornemann, Prof. Dr. Rainer Callies, Prof. Dr. Massimo Fornasier, Prof. Dr. Oliver Junge, Prof. Dr. Eric Sonnendrücker, Prof. Dr. Elisabeth Ullmann, Prof. Dr. Boris Vexler, Prof. Dr. Barbara Wohlmuth, u.a.
- **Optimierung:** Prof. Dr. Peter Gritzmann, Prof. Dr. Andreas Schulz, Prof. Dr. Michael Ulbrich, Prof. Dr. Boris Vexler, Prof. Dr. Stefan Weltge, u.a.
- **Applied Analysis and Computational Mathematics:** Für die Angebote in diesem Bereich kommen prinzipiell alle Lehrstühle und Professuren der Fakultät für Mathematik in Frage. Eine aktuelle Liste der Professorinnen und Professoren der Fakultät für Mathematik ist auf den Internetseiten der Fakultät veröffentlicht.
- **Anwendungsschwerpunkte:** Die Fachmodule aus den Anwendungsfachkatalogen sind Importmodule aus den entsprechenden Fakultäten der Anwendungsfächer. Dabei werden die einzelnen Module in Absprache (Letters of Intent, siehe Abschnitt 10.3) mit diesen im Studienplan integriert. Die Verantwortung über diese Module liegt bei den jeweiligen Modulverantwortlichen und den jeweiligen Fakultäten. Das Angebot wird regelmäßig mit den Exportfakultäten abgestimmt und bei Bedarf angepasst. Beispielhaft sind hier die Fakultäten für Informatik, Maschinenwesen und Physik zu nennen (siehe dazu auch die Ressourcenübersicht in Abschnitt 10.2).
- **Überfachliche Grundlagen:** 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.

Administrative Zuständigkeiten

Aufgaben	Verantwortliche
Studiengangsverantwortliche	Prof. Dr. Barbara Wohlmuth Prof. Dr. Michael Ulbrich
Fachstudienberatung	Prof. Dr. Rainer Callies
Schriftführer	Dr. Michael Ritter
Eignungsverfahren	Dr. Michael Kaplan
Bewerbungsmanagement	Dr. Michael Kaplan
Studierendenmanagement	Anja Hoffmann Dr. Michael Ritter
Raummanagement	Dr. Heinz-Jürgen Flad Dr. Hans-Peter Kruse
Studienkoordination	Jana Graul
Prüfungsmanagement	Anja Hoffmann
Praktikum	Dr. Kathrin Ruf
Auslandsbeauftragte	PD Dr. René Brandenburg Julia Cyllok Carola Jumpertz

Akkreditierung/QM Studium und Lehre (insb. Evaluation Studiengang und LV, Einrichtung, Änderung und Einstellung von Studiengängen)	Angela Puchert
--	----------------

8 Ressourcen

8.1 Personelle Ressourcen

Das Lehrangebot an der Fakultät wird durch das Zentrum Mathematik (39 Professorinnen und Professoren), ca. 160 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie studentischen Hilfskräften sichergestellt. Die Zuordnung der Dozierenden zu den einzelnen Lehrveranstaltungen unterliegt einem jährlichen Wechsel. In der Ressourcenübersicht in Abschnitt 10.2 sind daher exemplarisch die Dozierenden der einzelnen Lehrveranstaltungen für das Wintersemester 2018/19 und für das Sommersemester 2018 bzw. für die jeweils letzte Abhaltung des jeweiligen Moduls aufgelistet.

8.2 Sachausstattung und Räume

Für den Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* sind derzeit ausreichend Räume vorhanden, um den Studiengang für alle eingeschriebenen Studierenden angemessen anbieten zu können. Die Lehrveranstaltungen und Prüfungen finden vor allem am Standort Garching-Forschungszentrum statt. Sowohl bei den Lehrveranstaltungen als auch bei den Prüfungen wird jedoch auf Räumlichkeiten anderer Fakultäten zurückgegriffen. Dank einer zentralen Prüfungs- und Raumplanung konnte dies bisher gut geregelt werden. Zudem sind in den letzten Jahren zusätzliche Hörsäle am Campus Garching-Forschungszentrum (Interims Hörsaalgebäude, Jürgen Manchot-Hörsaalgebäude, Neubau Kongresszentrum Galileo), entstanden bzw. entstehen, um den steigenden Studierendenzahlen gerecht zu werden. Ressourcen wie die Rechnerhalle, Netzzugang oder Computer-Ressourcen für Studierendenprojekte werden gemeinsam mit der Fakultät für Informatik genutzt. Weiter stehen in allen Standorten Bibliotheken mit u.a. aktuellen Semesterapparaten zur Verfügung.

9 Entwicklungen im Studiengang

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 vergangenen 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 (siehe Abschnitt 1.2, Y-Modell) wurden die aktuellen Rahmenbedingungen in den Blick genommen. In der Forschung nehmen immer mehr interdisziplinäre und anwendungsnahe Richtungen Raum ein, zugleich differieren die Ansprüche des Arbeitsmarktes. 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, wie auch an der Darstellung der Änderungen in Tabelle 7 deutlich wird. 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. Des Weiteren wird ab dem Wintersemester 2019/2020 das neue Modul „Fallstudien“ für alle Studierenden verpflichtend. Es zielt darauf ab, eine praktische Aufgabenstellung aus Naturwissenschaft und 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. Im Anwendungsschwerpunkt sieht der Masterstudiengang *Mathematics in Science and Engineering* jetzt vor, dass Module im Umfang von mindestens 14 CP an der Technischen Universität München eingebracht werden. Die verbleibenden Module im Anwendungsschwerpunkt können im Ausland absolviert werden (vorher limitiert auf einen Umfang von max. 9 CP). Die Begrenzung der Maximalzahl der Credit Points, die in mathematischen Fächern eingebracht werden können, wurde gestrichen. Zusätzlich können weiterhin unbeschränkt Studienleistungen, die im Ausland erworben wurden, im Rahmen der 1:1-Anerkennung eingebracht werden.

Aufbau des Studiengangs bis zum Sommersemester 2019	Aufbau des Studiengangs ab dem Wintersemester 2019/2020
Analysis (mind. 9 CP)	Analysis (mind. 9 CP)
Numerische Mathematik (mind. 9CP)	Numerische Mathematik und Wissenschaftliches Rechnen (mind. 9CP)
Optimierung (mind. 5 CP)	Optimierung (mind. 9 CP)
Geometrie, Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik (mind. 5CP)	Fallstudien (mind. 5CP)
Special Lectures in Applied Mathematics	Special Lectures in Applied Mathematics
Mathematics Modules from other Universities	Mathematics Modules from other Universities
Anwendungsschwerpunkt (mind. 29 CP, davon Ausland max. 9 CP)	Anwendungsschwerpunkt (mind. 29 CP, davon min. 14 CP an der TUM)
Studienleistungen: Hauptseminar, Berufspraktikum, etc. (mind. 13 CP)	Studienleistungen: Hauptseminar, Berufspraktikum, etc. (mind. 13 CP)
Abschlussarbeit (30 CP)	Abschlussarbeit (30 CP)

Tabelle 7: Darstellung der Änderungen zum Wintersemester 2019/2020 (Änderungen sind farblich gekennzeichnet)

10 Anhang der Studiengangsdokumentation

10.1 Exemplarische Stundenpläne

Anwendungsschwerpunkt Autonomes Fahren

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul	Abschnitt FPSO	Credits
MA3005	<i>Partial Differential Equations</i>	A1.1	9
MA3502	<i>Discrete Optimization</i>	A1.3	5
IN2355	<i>Robot 3D Vision</i>	A1.7	5
MW1911	<i>Grundlagen des Kraftfahrzeugbaus</i>	A1.7	5
MW0028	<i>Künstliche Intelligenz in der Fahrzeugtechnik</i>	A1.7	5
CLA21213	<i>Überfachliche Grundlagen: Individual Change Management</i>	A1.8	2
<i>Gesamt: 31 Credits/6 Prüfungsleistungen</i>			

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10	<i>MW1911 Grundlagen des KFZ-Baus</i>				
10-12	<i>MW1911 Grundlagen des KFZ-Baus</i>				
12-14	<i>MA3005 Partial Differential Equations/V</i>			<i>MA3502 Discrete Op- timization/V</i>	<i>MA3005 Partial Differen- tial Equations/V</i>
14-16		<i>IN2355 Robot 3D Vi- sion/V</i>	<i>MA3502 Discrete Opti- mization/Ü (14- tägig)</i>	<i>IN2355 Robot 3D Vi- sion/V+Ü</i>	<i>MA3005 Partial Differen- tial Equations/Ü</i>

16-18				MW0028 Künstliche Intelligenz in der Fahrzeugtechnik/V+Ü (16-19)	
--------------	--	--	--	---	--

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Modulnummer	Modul	Abschnitt FPSO	Credits
MA3402	Computational Statistics	A1.5	5
MA4800	Foundations of Data Analysis	A1.5	8
MW2076	Auslegung von Elektrofahrzeugen	A1.7	5
MA6015	Hauptseminar (Präsentation)	A1.8	3
MA8102	Berufspraktikum	A1.8	6
SZ0451	Überfachliche Grundlagen: Total Immersion English	A1.8	2

Gesamt: 29 Credits/5 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10	MW2076 Auslegung von Elektrofahrzeugen/V		MA4800 Foundations of Data Analysis/V		
10-12	MW2076 Auslegung von Elektrofahrzeugen/V	MA4800 Foundations of Data Analysis/V	MA3402 Computational Statistics/Ü (14-tägig)		
12-14					
14-16			MA3402 Computational Statistics/V (15-17 Uhr)	MA6015 Hauptseminar	

16-18	MA4800 Foundations of Data Analysis/Ü		MA3402 Computational Statistics/V (15-17 Uhr)		SZ0451 Überfachliche Grundlagen
--------------	---	--	--	--	---------------------------------------

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul	Abschnitt FPSO	Credits
MA3303	Numerical Methods for PDE	A1.2	9
MA3503	Nonlinear Optimization	A1.3	5
IN2062	Grundlagen der künstlichen Intelligenz	A1.7	5
MW1586	Fahrzeugkonzepte – Entwicklung und Simulation	A1.7	5
MA4305	Case Studies: Scientific Computing	A1.4	6

Gesamt: 30 Credits/5 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		MA3303 Numerical Methods for PDE/Ü			MA4305 Case Studies: Scientific Computing
10-12	MA3303 Numerical Methods for PDE/V	MW1586 Fahrzeugkonzepte - Entwicklung und Simulation			
12-14		MW1586 Fahrzeugkonzepte - Entwicklung und Simulation			IN2062 Grundlagen der künstlichen Intelligenz/V (13-15 Uhr)
14-16	MA3503 Nonlinear Opti-		IN2062 Grundlagen der künstlichen Intel-		IN2062 Grundlagen der künstlichen Intel-

	<i>mization/V</i>		<i>ligenz/V</i>		<i>ligenz/V (13-15 Uhr)</i>
16-18	<i>MA3503 Nonlinear Optimization/Ü (14-tägig)</i>			<i>MA3303 Numerical methods for PDE/V</i>	

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Medizintechnik

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3005</i>	<i>Partial Differential Equations</i>	<i>A1.1</i>	<i>9</i>
<i>MA3502</i>	<i>Discrete Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>IN2355</i>	<i>Robot 3D Vision</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MW0612</i>	<i>Finite Elemente</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA3503</i>	<i>Nonlinear Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>CLA21213</i>	<i>Überfachliche Grundlagen: Individual Change Management</i>	<i>A1.8</i>	<i>2</i>
<i>Gesamt: 31 Credits/6 Prüfungsleistungen</i>			

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10					
10-12					
12-14	<i>MA3005 Partial Differential Equations/V</i>			<i>MA3502 Discrete Optimization/V</i>	<i>MA3005 Partial Differential Equations/V</i>
14-16	<i>MA3502 Nonlinear Optimization/VL</i>	<i>IN2355 Robot 3D Vision/V</i>	<i>MA3502 Discrete Optimization/Ü (14-tägig)</i> <i>MA3503 Nonlinear Optimization/Ü (14-</i>	<i>IN2355 Robot 3D Vision/V+Ü</i>	<i>MA3005 Partial Differential Equations/Ü</i>

			tägig)		
16-18	MW0612 Finite Elemente/V				

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Modulnummer	Modul	Abschnitt FPSO	Credits
IN2022	Informatikanwendungen in der Medizin II	A1.7	5
MA4800	Foundations of Data Analysis	A1.5	8
MW1817	Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung	A1.7	5
MW0620	Nichtlineare Finite Elemente	A1.7	5
MA8102	Berufspraktikum	A1.8	6

Gesamt: 29 Credits/4 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10			MA4800 Foundations of Data Analysis/V	MW1817 Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung (8:30-11 Uhr)	
10-12		MA4800 Foundations of Data Analysis/V	MA3402 Computational Statistics/Ü (14- tägig)		
12-14	MW0620 Nichtlineare Finite Elemente/V		IN2022 Informatikan- wendungen in der Medizin II/V		
14-16				IN2022 Informatikan- wendungen in	

				<i>der Medizin II/V</i>	
16-18	<i>MA4800 Foundations of Data Analysis/Ü</i>			<i>MW0620 Nichtlineare Finite Elemente/V</i>	

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3303</i>	<i>Numerical Methods for PDE</i>	<i>A1.2</i>	<i>9</i>
<i>MA3204</i>	<i>Projective Geometry</i>	<i>A1.5</i>	<i>5</i>
<i>IN2062</i>	<i>Grundlagen der künstlichen Intelligenz</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA6015</i>	<i>Hauptseminar (Präsentation)</i>	<i>A1.8</i>	<i>3</i>
<i>MA4305</i>	<i>Case Studies: Scientific Computing</i>	<i>A1.4</i>	<i>6</i>
<i>SZ0451</i>	<i>Überfachliche Grundlagen: Total Immersion English</i>	<i>A1.8</i>	<i>2</i>
<i>Gesamt: 30 Credits/6 Prüfungsleistungen</i>			

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		<i>MA3303 Numerical Methods for PDE/Ü</i>			<i>MA4305 Case Studies: Scientific Computing</i>
10-12	<i>MA3303 Numerical Methods for PDE/V</i>			<i>MA3204 Projective Geometry/V</i>	
12-14			<i>MA3204 Projective Geometry/Ü</i>		<i>IN2062 Grundlagen der künstlichen Intelligenz/V (13-15 Uhr)</i>

14-16			<i>IN2062 Grundlagen der künstlichen Intel- ligenz/VL</i>	<i>MA6015 Hauptseminar</i>	<i>IN2062 Grundlagen der künstlichen Intel- ligenz/V (13-15 Uhr)</i>
16-18				<i>MA3303 Numerical meth- ods for PDE/V</i>	<i>SZ0451 Überfachliche Grundlagen (13- 15 Uhr)</i>

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Physik

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3005</i>	<i>Partial Differential Equations</i>	<i>A1.1</i>	<i>9</i>
<i>MA3502</i>	<i>Discrete Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>MA3503</i>	<i>Nonlinear Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>PH2155</i>	<i>Halbleiterphysik</i>	<i>A1.7</i>	<i>10</i>
<i>CLA21213</i>	<i>Überfachliche Grundlagen: Individual Change Management</i>	<i>A1.8</i>	<i>2</i>

Gesamt: 31 Credits/5 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10					
10-12	<i>PH2155 Halbleiterphy- sik/V</i>			<i>PH2155 Halbleiterphy- sik/Ü</i>	

12-14	MA3005 Partial Differential Equations/V	PH2155 Halbleiterphysik/V		MA3502 Discrete Optimization/V	MA3005 Partial Differential Equations/V
14-16	MA3503 Nonlinear Optimization/V		MA3502 Discrete Optimization/Ü (14-tägig) MA3503 Nonlinear Optimization/Ü (14-tägig)		MA3005 Partial Differential Equations/Ü
16-18					

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Modulnummer	Modul	Abschnitt FPSO	Credits
MA3402	Computational Statistics	A1.5	5
MA4800	Foundations of Data Analysis	A1.5	8
PH2171	Halbleiterelektronik und Photonische Bauteile	A1.7	5
MA6015	Hauptseminar (Präsentation)	A1.8	3
MA8102	Berufspraktikum	A1.8	6
SZ0451	Überfachliche Grundlagen: Total Immersion English	A1.8	2
Gesamt: 29 Credits/5 Prüfungsleistungen			

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10			MA4800 Foundations of Data Analysis/V		

10-12		<i>MA4800 Foundations of Data Analysis/V</i>	<i>MA3402 Computational Statistics/Ü (14- täglich)</i>		
12-14					
14-16			<i>MA3402 Computational Statistics/V (15-17 Uhr)</i>		
16-18	<i>MA4800 Foundations of Data Analysis/Ü</i>		<i>MA3402 Computational Statistics/V (15-17 Uhr)</i>	<i>MA6015 Hauptseminar</i>	<i>SZ0451 Überfachliche Grundlagen</i>

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3303</i>	<i>Numerical Methods for PDE</i>	<i>A1.2</i>	<i>9</i>
<i>PH1002</i>	<i>Quantenmechanik 2</i>	<i>A1.7</i>	<i>10</i>
<i>PH2273</i>	<i>Semiconductor Quantum Photonics</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA4305</i>	<i>Case Studies: Scientific Computing</i>	<i>A1.4</i>	<i>6</i>

Gesamt: 30 Credits/4 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		<i>MA3303 Numerical Meth- ods for PDE/Ü</i>			<i>MA4305 Case Studies: Scientific Com- puting</i>
10-12	<i>MA3303 Numerical Meth- ods for PDE/V</i>				<i>PH1002 Quantenmecha- nik 2/V</i>

12-14			<i>PH1002 Quantenmechanik 2/V</i>	<i>PH2273 Semiconductor Quantum Photonics/V</i>	
14-16	<i>PH1002 Quantenmechanik 2/Ü</i>			<i>PH2273 Semiconductor Quantum Photonics/Ü</i>	
16-18				<i>MA3303 Numerical methods for PDE/V</i>	

Anwendungsschwerpunkt im Bereich der Strukturmechanik

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3005</i>	<i>Partial Differential Equations</i>	<i>A1.1</i>	<i>9</i>
<i>MA3502</i>	<i>Discrete Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>MW2098</i>	<i>Technische Dynamik</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MW0612</i>	<i>Finite Elemente</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA3503</i>	<i>Nonlinear Optimization</i>	<i>A1.3</i>	<i>5</i>
<i>CLA21213</i>	<i>Überfachliche Grundlagen: Individual Change Management</i>	<i>A1.8</i>	<i>2</i>
<i>Gesamt: 31 Credits/6 Prüfungsleistungen</i>			

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10					<i>MW2098 Technische Dynamik/V</i>
10-12					<i>MW2098 Technische Dynamik/Ü</i>

12-14	<i>MA3005 Partial Differential Equations/V</i>			<i>MA3502 Discrete Optimization/V</i>	<i>MA3005 Partial Differential Equations/V</i>
14-16	<i>MA3502 Nonlinear Optimization/VL</i>		<i>MA3502 Discrete Optimization/Ü (14-tägig)</i> <i>MA3503 Nonlinear Optimization/Ü (14-tägig)</i>		<i>MA3005 Partial Differential Equations/Ü</i>
16-18	<i>MW0612 Finite Elemente/V</i>				

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MW0538</i>	<i>Moderne Methoden der Regelungstechnik 1</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA4800</i>	<i>Foundations of Data Analysis</i>	<i>A1.5</i>	<i>8</i>
<i>MW1817</i>	<i>Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MW0620</i>	<i>Nichtlineare Finite Elemente</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA8102</i>	<i>Berufspraktikum</i>	<i>A1.8</i>	<i>6</i>

Gesamt: 29 Credits/4 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10			<i>MA4800 Foundations of Data Analysis/V</i>	<i>MW1817 Biomechanik – Grundlagen und Modellbildung (8:30-11 Uhr)</i>	
10-12		<i>MA4800 Foundations of</i>	<i>MA3402 Computational</i>	<i>MW0538 Moderne Me-</i>	

		<i>Data Analysis/V</i>	<i>Statistics/Ü (14-tägig)</i>	<i>thoden der Regelungstechnik 1/V</i>	
12-14	<i>MW0620 Nichtlineare Finite Elemente/V</i>			<i>MW0538 Moderne Methoden der Regelungstechnik 1/Ü</i>	
14-16					
16-18	<i>MA4800 Foundations of Data Analysis/Ü</i>			<i>MW0620 Nichtlineare Finite Elemente/V</i>	

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modulnummer</i>	<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
<i>MA3303</i>	<i>Numerical Methods for PDE</i>	<i>A1.2</i>	<i>9</i>
<i>MA3204</i>	<i>Projective Geometry</i>	<i>A1.5</i>	<i>5</i>
<i>MW0463</i>	<i>Adaptive Strukturen</i>	<i>A1.7</i>	<i>5</i>
<i>MA6015</i>	<i>Hauptseminar (Präsentation)</i>	<i>A1.8</i>	<i>3</i>
<i>MA4305</i>	<i>Case Studies: Scientific Computing</i>	<i>A1.4</i>	<i>6</i>
<i>SZ0451</i>	<i>Überfachliche Grundlagen: Total Immersion English</i>	<i>A1.8</i>	<i>2</i>

Gesamt: 30 Credits/6 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		<i>MA3303 Numerical Methods for PDE/Ü</i>			<i>MA4305 Case Studies: Scientific Computing</i>
10-12	<i>MA3303</i>			<i>MA3204</i>	<i>MW0463</i>

	<i>Numerical Methods for PDE/V</i>			<i>Projective Geometry/V</i>	<i>Adaptive Strukturen/Ü</i>
12-14			<i>MA3204 Projective Geometry/Ü</i>		
14-16				<i>MW0463 Adaptive Strukturen/V</i>	
16-18			<i>MA6015 Hauptseminar</i>	<i>MA3303 Numerical methods for PDE/V</i>	<i>SZ0451 Überfachliche Grundlagen (13-15 Uhr)</i>

10.2 Ressourcenübersicht

10.3 Letters of Intent