

Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang *Mathematics in Operations Research*

Fakultät für Mathematik, Technische Universität München

Bezeichnung **Mathematics in Operations Research**

Organisatorische Zuordnung **Fakultät für 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. Peter Gritzmann,
Prof. Dr. Michael Ulbrich**

Ggf. ergänzende Angaben für besondere Studiengänge

Ansprechperson bei Rückfragen **Dr. Michael Ritter**
Tel.: +49 89 289-16880, michael.ritter@tum.de

Version/Stand vom 03.12.2018

Der/Die Studiendekan/in

(Prof. Dr. Boris Vexler)

1	Studiengangsziele	3
1.1	Zweck des Studiengangs	3
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs	4
2	Qualifikationsprofil	6
3	Zielgruppen	7
3.1	Adressatenkreis	7
3.2	Vorkenntnisse der Studienbewerber	8
3.3	Zielzahlen	8
4	Bedarfsanalyse	9
5	Wettbewerbsanalyse	10
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse	10
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse	12
6	Aufbau des Studiengangs	14
7	Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	35
8	Ressourcen	38
8.1	Personelle Ressourcen	38
8.2	Sachausstattung / Räume	46
9	Anhang der Studiengangsdokumentation	47

1 Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

In praktisch jedem modernen Unternehmen sind mittlerweile komplexe Prozesse mit einer Vielzahl von Abhängigkeiten zu finden. Wo früher Daten aus Buchhaltung, Verkauf und Lagerbestandsmessungen ausreichend waren, um die Produktion für die Zukunft zu planen und die nötigen Mengen von Rohstoffen zu ordern, müssen heute zahlreiche Einflussfaktoren berücksichtigt werden. „Just in Time“-Produktion verlangt eine exakte Planung einzelner Abläufe, eine Verzahnung verschiedener Produktionslinien stellt eine gute Auslastung teurer Maschinen sicher, eine effektive Einsatzplanung für das hochqualifizierte Fachpersonal sorgt dafür, dass die vorhandenen Ressourcen bestmöglich genutzt werden. In einer global vernetzten Wirtschaft wird es entscheidend für den Erfolg eines Unternehmens, schnell auf neue Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen reagieren zu können. Zur Unterstützung der nötigen Planungen und Entscheidungen wird Operations Research immer wichtiger. Durch Entwicklung und Einsatz von quantitativen Modellen und Methoden zur Entscheidungsunterstützung wird es überhaupt erst möglich, komplexe Systeme und Prozesse so aufeinander abzustimmen, dass ein optimales Ergebnis mit möglichst geringem Ressourceneinsatz erzielt werden kann.

Operations Research ist geprägt von einer Kombination aus Angewandter Mathematik, Wirtschaftswissenschaften und Informatik. Zentral für die Methoden des Operations Research ist dabei die mathematische Optimierung: Ausgehend von einem realen Problem wird zunächst ein mathematisches Modell entwickelt, das die wesentlichen Bestandteile der Problemstellung auf abstrakte Weise abbildet und der mathematischen Analyse zugänglich macht. Spezielle mathematische Eigenschaften des Modells können dann genutzt werden, um Algorithmen zu entwickeln, die Lösungen für das Problem berechnen. Auf diese Weise wird es nicht nur möglich, komplexe Systeme und Prozesse mit optimalen Parametern zu betreiben, es lassen sich auch die Auswirkungen strategischer Entscheidungsalternativen im Vorfeld analysieren und mögliche Konsequenzen in einer hochgradig vernetzten Umwelt abschätzen. Die mathematische Optimierung lässt sich auf eine Vielzahl von Problemstellungen anwenden: Neben Problemen in der Logistik, der Netzplanung, der Produktionsplanung und der Einsatzplanung für Personal und Maschinen lassen sich auch Designentscheidungen in den Ingenieurwissenschaften (etwa Chipdesign, Getriebebau), Fragestellungen in den Verkehrswissenschaften (z.B. Ausbauplanung für Verkehrsnetze), ökonomische Probleme (Preissetzung, Tarifmodelle, Besteuerung) oder Kommunikations- und Informationsnetze mit Mitteln der mathematischen Optimierung analysieren und optimieren.

Als Querschnittsthema zwischen verschiedenen Fachbereichen hat sich Operations Research zu einem attraktiven Forschungsgebiet entwickelt, in dem verschiedene mathematische Aspekte mit Methoden aus den Wirtschaftswissenschaften und aus der Informatik zusammenspielen, um konkrete Anwendungen aus den unterschiedlichsten Bereichen zu untersuchen.

Reagierend auf diese Entwicklung ist das wesentliche Ziel des Masterstudiengangs *Mathematics in Operations Research* an der Fakultät für Mathematik, eine hervorragende akademische Ausbildung für einen qualifizierten Berufseinstieg im Bereich des Operations Research und verwandter Arbeitsbereiche anzubieten. Dies impliziert ein anspruchsvolles mathematisches Studium mit Schwerpunktsetzung in der mathematischen diskreten und nichtlinearen Optimierung. Durch die Vermittlung mathematisch fundierter theoretischer, methodischer sowie anwendungsbezogener Kompetenzen und Fertigkeiten auf dem Gebiet des Operations Research werden die Studierenden insbesondere auf ein Engagement in Beratungsunternehmen und in großen Wirtschaftsunternehmen vorbereitet, die mittlerweile eigene Abteilungen im Bereich des Operations Research führen.

Gekennzeichnet ist der Studiengang durch sein anwendungsorientiertes Profil in der mathematischen Ausbildung (mit Fokus auf der mathematischen Modellierung), zugleich wird eine anspruchsvolle interdisziplinäre Ausbildung ermöglicht, die relevante Anwendungsgebiete anderer Fachbereiche (wie etwa Logistik, Operations Management und Wirtschaftsinformatik) einbezieht. Die Technische Universität München bietet hierzu exzellente Voraussetzungen. Besonders wichtig ist die enge Kooperation mit den Fakultäten für Wirtschaftswissenschaften und für Informatik, aber auch die Ingenieursfakultäten (v.a. Maschinenwesen) sind an der Lehre beteiligt. Das Studium kann durch ein vielfältiges Angebot von Modulen anderer Fakultäten ergänzt werden, die Anwendungen des Operations Research vermitteln. Die Vielfalt der Anwendungsbereiche, kombiniert mit einer tiefgehenden mathematischen Ausbildung bietet den Studierenden zahlreiche Möglichkeiten der Spezialisierung unter Beibehaltung eines klaren Profils. Interdisziplinäre Methodenkenntnisse und fächerübergreifende Softskills runden das Studium ab.

Ein weiteres Ziel des Masterstudiengangs ist die Forschungsbefähigung der Absolventen. Mit Optimierung und Statistik als zentrale Forschungsschwerpunkte der Fakultät für Mathematik sind für die Studierenden des Studiengangs optimale Bedingungen geschaffen. Dabei werden sie während des Studiums laufend an die aktuelle anwendungsbezogene mathematische Forschung sowie an die Forschung in Anwendungsbereichen des Operations Research (v.a. in den Wirtschaftswissenschaften und der Informatik) herangeführt und in aktuelle Forschungsarbeiten einbezogen.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Der Studiengang *Mathematics in Operations Research* ermöglicht mit seiner interdisziplinären Ausbildung einen hochqualifizierten Berufseinstieg im Bereich Operations Research. Damit fügt sich der Studiengang sowohl in das Leitbild der TUM als Dienerin der Innovationsgesellschaft als auch in die strategische Ausrichtung der Technischen Universität als unternehmerische Universität ein.

Der Studiengang ist auf die Lehr- und Forschungsstrategie der Fakultät ausgerichtet, die mittlerweile als international kompetitives Zentrum für angewandte und interdisziplinäre mathematische Lehre und Forschung in Deutschland zur Spitzengruppe gehört. Die Lehrstrategie der Fakultät ver-

folgt ein Y-Modell. Dies beinhaltet zum einen den überwiegend fachlich vertiefenden Masterstudiengang Master Mathematik in dem die volle mathematische Breite der Fakultät abgedeckt ist und zum anderen mehrere kleinere Masterstudiengänge die den Fokus in angewandte und interdisziplinäre mathematische Lehre und Forschung eines speziellen Anwendungsbereiches legen. Für letztere umfasst die Strategie insbesondere die Berücksichtigung der sich entwickelnden Wissenschaftsgebiete mit hohem Potential, die Anwendungsorientierung und Interdisziplinarität. Darüber hinaus ist die Fakultät in den Forschungsschwerpunkten Optimierung und Statistik europaweit führend aufgestellt und damit prädestiniert für die akademische Ausbildung im Bereich Operations Research.

Sowohl die TUM als auch die Fakultät für Mathematik legen einen wichtigen Schwerpunkt ihrer Arbeit auf die internationale Vernetzung von Forschung und Lehre. Hier leistet der Studiengang einen wichtigen Beitrag: Durch die vielen engen universitären Kooperationen weltweit steht den Studierenden eine große Auswahl an Austauschplätzen zur Verfügung, die sie neben dem Studium auch zum Sammeln interkultureller Erfahrungen nutzen können. Für den intensiven Austausch und zur Netzwerkbildung tragen insbesondere Double Degree-Programme mit der KTH Stockholm und der École Polytechnique Paris in diesem Studiengang bei. Neben der Netzwerkbildung werden im Studiengang somit auch Weltoffenheit und kulturelle Toleranz gefördert und der Dialog zwischen jungen Wissenschaftlern vorangetrieben. Nicht zuletzt ist der Studiengang aufgrund seines speziellen Ausbildungsangebotes im Bereich Operations Research, der Vermittlung unterschiedlichster Anwendungsbereiche auf diesem Gebiet, kombiniert mit einer tiefgehenden mathematischen Ausbildung, im nationalen wie auch im internationalen Vergleich bestens aufgestellt. Die vergleichsweise hohe Quote internationaler Bewerber (Wintersemester 2016/17 über 50%) belegt die hohe Anziehungskraft und den Stellenwert des Masterstudiengangs weit über Deutschlands Grenzen hinweg.

Der Studiengang setzt einen klaren Fokus auf Optimierung und deren Anwendung in Wirtschaft und Industrie. Gleichzeitig soll der Studiengang den besten Absolventen einen erfolgreichen Einstieg in eine mögliche Promotion in der Mathematik oder einem dem Operations Research nahen Fachbereich ermöglichen (über 35 Prozent der Studierenden wechseln aktuell in ein anschließendes Promotionsstudium an der Fakultät für Mathematik, immer wieder promovieren Studierende mit dieser Ausbildung auch in den Wirtschaftswissenschaften, der Informatik oder den Ingenieurwissenschaften). Hervorzuheben ist hier nochmals die Zusammenarbeit mit den Fakultäten für Wirtschaftswissenschaften und für Informatik (insbesondere Wirtschaftsinformatik), die durch das geplante „Center for Operations Research“ in naher Zukunft noch deutlich ausgebaut wird. Eine besondere Rolle spielt auch das vor Kurzem gestartete, fakultätsübergreifende Graduiertenkolleg „Advanced Optimization in a Networked Economy“, das die Fakultäten für Informatik, Mathematik und Wirtschaftswissenschaften der TUM gemeinsam eingeworben haben, und das exzellenten Absolventen eine weitere Perspektive für eine wissenschaftliche Karriere bietet. Der Studiengang ist damit von zent-

raler Bedeutung für die Förderung besonderer Talente mit Wertebewusstsein, ihrer Leistungsfähigkeit und individuellen Begabungen, auf die sowohl TUM als auch die Fakultät für Mathematik einen wichtigen Schwerpunkt setzen.

2 Qualifikationsprofil¹

Nach erfolgreichem Abschluss des Masterstudiengangs *Mathematics in Operations Research* sind die Absolventen aufgrund ihrer vertieften mathematischen, fächerübergreifenden Ausbildung zu hochqualifizierten Fachkräften in der problemorientierten mathematischen Modellierung, Analyse und Anwendung algorithmischer Lösungsverfahren für die Optimierung unterschiedlichster realer Strukturen und Prozesse ausgebildet, vorrangig in Unternehmen, Organisationen und der Industrie.

Die Absolventinnen und Absolventen verfügen über fortgeschrittene, moderne Fach- und Methodenkenntnisse der Mathematik und in den mathematischen Anwendungsbereichen des Operations Research, schwerpunktmäßig in der Diskreten und Nichtlinearen Optimierung (etwa ganzzahlige und kombinatorische Optimierung, stochastische Optimierung, robuste Optimierung, Optimierung unter Differentialgleichungen), der Spieltheorie, der Stochastik und Statistik sowie der Angewandten Analysis. Da sich die mathematischen Verfahren des Operations Research damit auf sehr unterschiedliche Anwendungsfelder beziehen, besitzen die Absolventen fundierte – und je nach Schwerpunktsetzung unterschiedliche – Kenntnisse in aktuellen Anwendungsbereichen des Operations Research aus anderen Fachdisziplinen (der Wirtschaftswissenschaften, der Informatik und/oder der Wirtschaftsinformatik). Sie beherrschen Methoden und Theorien zur Bearbeitung komplexer Probleme (z.B. Management Science/Logistik, Grundlagen des Informationsmanagements, Modelle der industrieökonomischen Theorie, Effiziente Algorithmen/Komplexitätstheorie, Methoden der Künstlichen Intelligenz). Sie kennen die jeweilige Fachkultur und ihre konkreten Anforderungen.

Zur Analyse und Bearbeitung praxisrelevanter Aufgabenstellungen aus Industrie und Wirtschaft entwerfen die Absolventinnen und Absolventen geeignete Optimierungsmodelle. Sie analysieren deren Eigenschaften, wählen auf dieser Basis geeignete Lösungsverfahren aus oder entwickeln neue Ansätze auf Basis ihres vorhandenen Wissens. Sie eignen sich selbständig neues, für die jeweilige praktische Problemstellung relevantes Wissen an, begründen die Auswahl ihrer Methoden und Algorithmen im Vergleich zu alternativen Verfahren und überwachen deren in der praktischen Anwendung, etwa im Bereich der Logistik, der Netzplanung, der Personal- und Ressourcenplanung oder der industriellen Fertigung. Die entsprechenden Projekte führen sie selbstgesteuert durch.

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

Die Absolventen zeichnen sich durch ein tiefgreifendes analytisches und systematisches Denken, eine präzise, sorgfältige und selbstständige Arbeitsweise sowie durch die Fähigkeit zur schnellen und effizienten Einarbeitung in neue Problemfelder des Operations Research aus. Sie sind zudem in der Lage, die gängigen Softwaretools zur Optimierung und Datenanalyse anzuwenden.

Die Absolventen haben wichtige Einblicke in die organisatorischen und inhaltlichen Abläufe und Arbeitsprozesse sowie in die soziale Struktur eines professionellen Unternehmens (etwa in Organisations-, Planungs- und Optimierungsabteilungen, in der Logistik, im Operations Management) oder einer angewandten Forschungseinrichtung erhalten. Sie sind in der beratenden Tätigkeit sowie in konstruktiver und sachgerechter Kommunikation geschult, sind vertraut mit professionellem Zeitmanagement sowie mit Teamarbeit im praktischen bzw. wissenschaftlichen Arbeitsumfeld. Sie sind optimal gerüstet, um im beruflichen Umfeld geeignete mathematische Modelle und algorithmische Lösungsansätze auf hohem wissenschaftlichen Niveau sowie unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedürfnisse eines Unternehmens bzw. eines Kunden zu erarbeiten, dabei mögliche Folgen geänderter Bedingungen oder Problemparameter selbständig zu interpretieren, alternative Entwürfe zu reflektieren sowie Modelle zur Entscheidungsunterstützung einzusetzen. Die jeweiligen Rahmenbedingungen ihres Handelns erkennen und berücksichtigen sie in ihren Entscheidungen.

Darüber hinaus sind die Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Operations Research* in der Lage, auf Basis des aktuellen Stands der Forschung – insbesondere im Bereich der mathematischen Optimierung – eigenständig Forschungsfragen und -hypothesen zu entwerfen. Sie können wissenschaftliche Untersuchungen unter Verwendung adäquater Methoden (z.B. Modellierung, Simulation, Visualisierung) durchführen. Ferner sind sie in der Lage, ihre Forschung und ihre Resultate in angemessener Weise schriftlich und mündlich sowohl gegenüber der eigenen wissenschaftlichen Community als auch gegenüber Laien zu kommunizieren. Sie entwickeln ein berufliches Selbstbild, das sich an Zielen und Standards professionellen Handelns und guter wissenschaftlicher Praxis orientiert und reflektieren ihr Handeln und ihre Entscheidungen im Kontext der jeweiligen Forschungsfragen und des relevanten beruflichen und gesellschaftlichen Umfelds.

3 Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Der Studiengang richtet sich vor allem an Studierende mit einem abgeschlossenen Bachelor-Studium in Mathematik, die Interesse für anwendungsnahe Mathematik und insbesondere mathematische Optimierung mitbringen und sich mit der Lösung von komplexen praktischen Problemen, vor allem aus Planungsbereichen großer Unternehmen, auseinandersetzen möchten, die hohes Abstraktionsvermögen und herausragende analytische Fähigkeiten erfordern. Darüber hinaus ist der

Studiengang auch für Bewerber verwandter Bachelor-Studiengänge offen, sofern sie mathematische Grundlagen in einem Umfang erworben haben, der eine Teilnahme an den Kernmodulen möglich macht.

3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber

Bewerber für den Studiengang *Mathematics in Operations Research* benötigen grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten aus der Analysis und der Linearen Algebra, wie sie typischerweise in den ersten beiden Semestern eines Bachelorstudiengangs Mathematik vermittelt werden. Sie sollten gängige Methoden und grundlegende Problemstellungen aus einigen Bereichen der reinen und angewandten Mathematik (Numerik, Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Differentialgleichungen, Vektoranalysis, Algebra) verstehen, mit der üblichen Notation umgehen können und in der Lage sein, die mathematischen Methoden auf neue, ähnlich gelagerte Fragestellungen anzuwenden.

Darüber hinaus sollen Bewerber gängige Begriffe aus der konvexen Analysis und Optimierung (etwa Konvexität, Subdifferential, Optimalitätsbedingungen) kennen, die zugrundeliegenden geometrischen Konzepte (etwa Polyeder, Kegel, Dualität) erklären und anwenden können sowie in der Lage sein, einfache praktische Probleme als mathematisches Optimierungsmodell darzustellen, von der konkreten Anwendung zu abstrahieren und algorithmisch zu lösen (Simplex-Algorithmus). Außerdem wird vorausgesetzt, dass grundlegende Begriffe und Probleme der Graphentheorie (Graphen, Bäume, Routenplanung, Tourenplanung) bekannt sind und vom Bewerber einfache algorithmische Methoden zur Lösung dieser und ähnlicher Probleme zielgerichtet angewendet werden können.

Diese nötigen fachlichen Grundlagen spiegeln sich im Eignungsverfahren wider, mit dem sichergestellt wird, dass die Bewerber die erforderlichen Vorkenntnisse mitbringen.

3.3 Zielzahlen

Ursprünglich waren für den Studiengang Jahrgangsgrößen von etwa 20 Studierenden vorgesehen. In den letzten Jahren wurde diese Zahl aber deutlich überschritten, die etwa 30 immatrikulierten Studierenden je Jahrgang zeigen deutlich die Attraktivität des Angebots für die Studierenden. Die persönlichen Gespräche mit fortgeschrittenen Studierenden im Bachelor-Studium wie auch in der Studienberatung zeigen ein starkes Interesse am Angebot des Masters in *Mathematics in Operations Research*, auch eine starke Nachfrage von Studierenden anderer Universitäten ist erkennbar (insbesondere aus anderen bayerischen Universitäten wie Augsburg oder Erlangen), da dort eine vergleichbare Spezialisierung und Praxisorientierung oft nicht möglich ist. Auch die Anzahl internationaler Bewerbungen nimmt immer weiter zu. Hier ist allerdings eine deutliche Abgrenzung des mathematisch orientierten Studiengangs zu eher qualitativ orientierten Angeboten erforderlich, um auch weiterhin die Eignung der Bewerber für den anspruchsvollen Studiengang sicherzustellen.

Die Zusammenarbeit mit den Fakultäten für Wirtschaftswissenschaften und für Informatik sorgt darüber hinaus für eine nachhaltige Weiterentwicklung des Angebots und zugleich für ein gesteigertes Interesse von Studierenden, die die praxisnahen Anteile in ihrem Studium bei gleichzeitig hoher Qualität der mathematischen Ausbildung schätzen. Eine Zahl von 25-30 Studierenden je Jahrgang ist damit eine realistische Zielgröße auch für die Zukunft, die sich mit den aktuell vorhandenen Mitteln auch abdecken lässt (vgl. dazu auch Abschnitt 7).

	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Bewerbungen	30	48	51	46	79	90	92
Neuimmatrikulationen	12	19	22	20	35	26	18

Tabelle 1: Entwicklung der Bewerbungs- und Immatrikulationszahlen für den Studiengang *Mathematics in Operations Research*

4 Bedarfsanalyse

Die Nachfrage nach Absolventen mit einer fundierten mathematischen Ausbildung im Bereich des Operations Research steigt stetig, da Ressourcen immer knapper werden und Optimierungspotentiale mit einfachen Mitteln immer schwerer zu erschließen sind.

Der Studiengang zielt in erster Linie auf eine spätere Tätigkeit in der Beratung und in großen Wirtschaftsunternehmen ab, die eigene Abteilungen im Bereich des Operations Research unterhalten. Da die Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Operations Research* eine insgesamt anspruchsvolle mathematische Ausbildung erhalten, können Sie natürlich auch alle für Mathematiker üblichen Berufsfelder abdecken, beispielsweise im Banken-, Versicherungs- und Finanzsektor, in der IT oder der Unternehmensberatung. Besonders qualifiziert sind die Absolventen allerdings für die Arbeit in Organisations-, Planungs- und Optimierungsabteilungen großer Unternehmen, in der Logistik, im Operations Management und in entsprechend spezialisierten Beratungs- und Software-Unternehmen. Beispiele für potentielle Arbeitgeber sind etwa Unternehmen aus der Luftfahrtbranche (Fluggesellschaften und Flughäfen, Logistikdienstleister und Planer), Bahnunternehmen und andere Logistikdienstleister, Hersteller von Software zur Logistikoftware-Optimierung oder zur Netzplanung, Industrieunternehmen mit komplexer Produktionskette wie etwa die Automobil- und Zulieferindustrie, aber auch zahlreiche größere und mittlere Beratungsunternehmen mit den verschiedensten Schwerpunkten. Um einen genauen Eindruck von den realen Karrierewegen der Absolventen dieses Studiengangs zu erhalten, ist eine Absolventenbefragung im Frühling 2018 geplant. Bisherige Absolventenbefragungen lieferten wegen geringer Teilnehmerzahlen leider keine aussagekräftigen Rückschlüsse.

5 Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Im Bereich Operations Research gibt es in Deutschland eine große Zahl an betriebswirtschaftlichen Studiengängen mit Schwerpunkten wie „Business Analytics“, „Management Science“ oder „Supply Chain Management“, beispielsweise an der Universität Magdeburg („Master of Operations Research and Business Analytics“) oder der Humboldt-Universität zu Berlin („Master of Economics and Management Science“). Diese Angebote konzentrieren sich auf qualitative Aspekte und auf die Anwendung quantitativer Verfahren der Betriebswirtschaftslehre in konkreten Fällen und schulen ihre Absolventen dafür im Umgang mit den gängigen Werkzeugen des Fachs und in der kritischen Interpretation der erzielten Ergebnisse. Der Studiengang *Mathematics in Operations Research* ist im Gegensatz dazu ein mathematischer Studiengang. Hauptziel ist nicht nur der richtige Umgang mit den bekannten Werkzeugen, sondern vor allem ein tieferes Verständnis der Zusammenhänge, weitgehende analytische Fähigkeiten und ein hohes Abstraktionsvermögen. Dies ermöglicht den Absolventen über die bloße Anwendung hinaus die Weiter- und Neuentwicklung von Techniken und Algorithmen, die eine Bewertung auch für neue und hochkomplexe Problemstellungen aus der Realität erlauben. Im Fokus der Wettbewerbsanalyse stehen daher Mathematik-Studiengänge mit ähnlichen Schwerpunkten, häufig unter dem Titel „Wirtschaftsmathematik“.

Kernkompetenzen der TUM

Vergleichbare mathematische Studiengänge existieren auf regionaler Ebene derzeit etwa an den Universitäten Augsburg, Bayreuth, Erlangen-Nürnberg, Ulm und Würzburg. National und international sind zusätzlich die Technische Universität Berlin, das Karlsruher Institut für Technologie, die ETH Zürich oder die KTH Stockholm zu nennen.

Eine der großen Stärken der Technischen Universität München liegt in der engen Verzahnung der Ingenieurwissenschaften mit der angewandten Mathematik, der Informatik und der Betriebswirtschaft, sowohl in der Ausbildung als auch in der Forschung. Hierbei spielt der Studiengang *Mathematics in Operations Research* eine zentrale Rolle als interdisziplinäre Brücke zwischen diesen Kompetenzbereichen. Neben tiefgehendem mathematischen Verständnis mit Schwerpunkt in der mathematischen Optimierung ist die konkrete Anwendung der erworbenen Kompetenzen in verschiedenen Feldern ein Kernziel der Ausbildung, vor allem in den Bereichen Management Science, Logistik, Analytics und Operations. Die Zusammenarbeit mit Experten auf diesen Gebieten (TUM School of Management, Fakultät für Informatik, Ingenieursfakultäten) ist dabei essentiell und in dieser Form und Vielfalt so nur an der Technischen Universität München möglich. Das bestätigen uns auch immer wieder Studierende, die ihren Bachelor an einer der genannten Universitäten absolviert haben und sich für den Master an der Technischen Universität München bewerben, insbesondere

gilt das für die regionalen Mitbewerber. In internationalen Rankings² schneidet die Fakultät für Mathematik überdurchschnittlich gut ab, wobei die Datenlage für eine Einzelbetrachtung des Masterstudiengangs *Mathematics in Operations Research* bisher zu gering war.

Besetzung von Zukunftsfeldern

Wie bereits ausgeführt war die interdisziplinäre Ausrichtung des Studiengangs ein zentrales Anliegen bei der Konzeption. Die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen wird in einem kompetitiven und hochgradig komplexen Umfeld in Zukunft immer wichtiger für den Erfolg. Dass die TUM diesen Trend erkannt hat, zeigt sich beispielsweise in der „International Graduate School of Science and Engineering“ oder im gerade neu eingerichteten Graduiertenkolleg „Advanced Optimization in a Networked Economy (AdONE)“ mit klarem Fokus auf Operations Research, das fakultätsübergreifend von der TUM School of Management und den Fakultäten Informatik und Mathematik bei der DFG eingeworben wurde. In all diesen Aktivitäten ist die Verbindung von mathematischer Optimierung mit den Anwendungen in Industrie, Ingenieurswesen und Wirtschaft ein Innovationsmotor, der erst durch die enge Verzahnung dieser Bereiche an der TUM überhaupt möglich wird.

Regionaler Bedarf

Wie bereits erwähnt entschließen sich Bachelor-Absolventen der regionalen Mitbewerber häufig dazu, im Master an die TUM zu wechseln. Gründe dafür sind die Praxisorientierung des Studiengangs und das einzigartige Umfeld, das die TUM dafür anbietet, das breite Lehrangebot im Kernbereich „Mathematische Optimierung“ an der TUM, die innovative und nach außen gut sichtbare Forschung in diesem Bereich sowie die enge Zusammenarbeit mit Industrie und Wirtschaft, von der auch unsere Absolventen in besonderem Maße profitieren. Während die kleineren Universitäten jeweils in gewissen Schwerpunkten gut aufgestellt sind, können sie sicher nicht den gesamten Bedarf in diesem Bereich abdecken und insbesondere nicht das breite Angebot und die Weiterentwicklungsmöglichkeiten (beispielsweise durch das Graduiertenkolleg „AdONE“) zur Verfügung stellen, das die TUM hier den Studierenden machen kann.

Alleinstellungsmerkmale des Studiengangs

Im Vergleich zu anderen Angeboten ist die Verbindung von mathematisch fundierter Ausbildung mit starker Praxisausrichtung eine Besonderheit des Studiengangs *Mathematics in Operations Research*. Zur Stärkung der internationalen Zusammenarbeit und der interkulturellen Kompetenzen unserer Absolventen ist nicht nur ein Auslandssemester ausdrücklich erwünscht, für exzellente Studierende sind sogar Double-Degree-Abschlüsse mit geringem Mehraufwand möglich. Es existieren dafür Vereinbarungen mit der École Polytechnique Paris und der KTH Stockholm, mit weiteren Kooperationspartnern wird aktuell verhandelt. Der Studiengang ist in den Fakultäten Mathematik,

² Im QS World University Rankings® 2016 ist die Fakultät für Mathematik unter den deutschen Universitäten an zweiter Stelle und europaweit an 12. Stelle gelistet.

Wirtschaftswissenschaften und Informatik verankert und damit interdisziplinär aufgestellt. Die zahlreichen Lehrstühle im Bereich Operations Research nicht nur in der Mathematik bieten den Studierenden viele Anknüpfungspunkte an aktuelle Forschung und Entwicklungsmöglichkeiten nach dem Studium. Rund 35 Prozent der Absolventen entscheiden sich im Anschluss an ihr Studium für eine Promotion, häufig auch in den Wirtschaftswissenschaften oder der Informatik.

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Das Studienangebot der Fakultät für Mathematik folgt einem „Y-Modell“³. Der Masterstudiengang *Mathematics in Operations Research* fügt sich als anwendungs- und berufsorientierter Studiengang in Kooperation mit den Fakultäten Informatik und Wirtschaftswissenschaften in diese Strategie ein. Er ergänzt die anderen spezialisierten Masterstudiengänge der Fakultät (*Mathematical Finance and Actuarial Science*, *Mathematics in Science and Engineering*, *Mathematics in Data Science*) um einen Masterstudiengang mit einem klaren Fokus auf mathematischer Optimierung und ihrer direkten Anwendung auf praxisrelevante, vor allem ökonomische und informationstechnische Problemstellungen.

Lehrstrategie der Fakultät für Mathematik

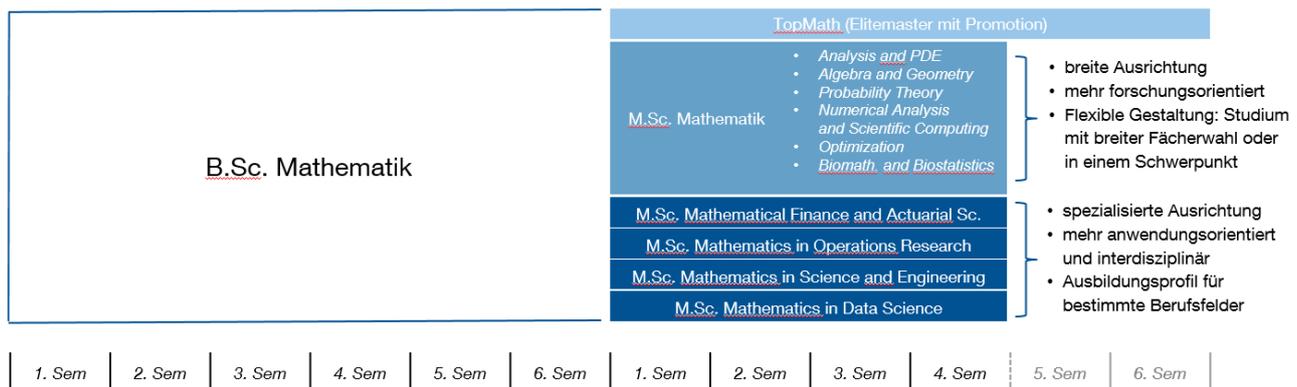


Abbildung 1: Lehrstrategie der Fakultät für Mathematik

gen. Mit dieser Ausbildung und ihrer Fokussierung auf einen beruflichen Werdegang in Unternehmen und Industrie im Bereich Operation Research grenzt sich der Masterstudiengang *Mathematics in Operations Research* klar von den anderen Studiengängen der Fakultät für Mathematik ab.

³ Y-Modell der Fakultät für Mathematik: Auf den grundständigen Mathematik-Bachelorstudiengang folgt entweder der Masterstudiengang „Mathematik“ mit der Möglichkeit, fachliche Schwerpunkte innerhalb einer insgesamt breit angelegten mathematischen Ausbildung zu setzen (etwa wissenschaftliches Rechnen, Algebra oder Life Sciences), oder ein spezialisierter Master-Studiengang in Mathematik mit klarer Anwendungsfokussierung.

An den Fakultäten für Informatik und an der TUM School of Management gibt es Masterstudiengänge, in denen der Bereich Operations Research eine Rolle spielt. Hier sind insbesondere der Masterstudiengang *Wirtschaftsinformatik* der Fakultät für Informatik und der Masterstudiengang *Management* mit Spezialisierung im Bereich *Operations & Supply Chain Management* der TUM School of Management zu nennen.

Der Fokus der Ausbildung im Master *Wirtschaftsinformatik* liegt auf den Informatik-Kernkompetenzen im Bereich Planung, Entwicklung und Management betrieblicher Informationssysteme, gepaart mit betriebswirtschaftlichen Kernkompetenzen. Während der Master *Wirtschaftsinformatik* primär Fertigkeiten im Software-Design und in der Anwendung von Informationssystemen vermittelt, ist der *Masterstudiengang Operations Research* klar fokussiert auf ein abstraktes mathematisches Verständnis und eine Problemlösungskompetenz zur Lösung wirtschaftlicher Probleme. Natürlich spielt im Master *Mathematics in Operations Research* die Vermittlung aktueller Anwendungsbereiche des Operations Research anderer Fachdisziplinen (insbesondere der Informatik) eine große Rolle, aber anders als im Master *Wirtschaftsinformatik* liegt der Schwerpunkt im Master *Mathematics in Operations Research* klar auf einer anspruchsvollen mathematischen Ausbildung. Sie versetzt die Absolventen in die Lage, komplexe Probleme in erster Linie mathematisch zu modellieren, von der konkreten Problemstellung zu abstrahieren und auf dieser Basis geeignete Lösungsansätze neu zu entwickeln.

Der Masterstudiengang *Management* der TUM School of Management ist breit angelegt und verbindet eine Managementausbildung mit fundierten Kenntnissen aus den Natur- oder Ingenieurwissenschaften. Er bietet die Möglichkeit, einen Schwerpunkt im Bereich *Operations & Supply Chain Management* zu wählen, dabei werden vor allem betriebswirtschaftliche Kenntnisse und Fertigkeiten vermittelt, die durch eine Spezialisierung in einem bestimmten Anwendungskontext ergänzt werden. Auch hier grenzt sich der Master *Mathematics in Operations Research* mit seinem Schwerpunkt in der mathematischen Ausbildung klar ab. Ausgewählte Anwendungsgebiete ermöglichen den Studierenden des Master *Mathematics in Operations Research* einen fundierten Einblick in den Einsatz bekannter Techniken des Operations Research in Industrie und Wirtschaft – einzig hier bestehen Parallelen zum Schwerpunktbereich *Operations & Supply Chain Management*. Denn im Unterschied zur Anwendung bestehender Techniken vermittelt der Master *Mathematics in Operations* vor allem die Fähigkeiten, konkrete Probleme auf hohem Abstraktionsniveau zu analysieren, um geeignete, möglichst allgemeingültige Problemlösungsstrategien zu entwickeln, insbesondere auch in Situationen, die in der Praxis bisher nicht aufgetreten sind.

In beiden Fällen herrscht eine enge Kooperation zwischen den Studiengängen und den Fakultäten. Insbesondere haben die Studierenden des Master *Mathematics in Operations Research* die Möglichkeit, ausgewählte Module aus der Wirtschaftsinformatik und aus dem Bereich *Operations & Supply Chain Management* zu belegen. Sie werden so über den rein fachlichen Aspekt hinaus auch in der interdisziplinären Zusammenarbeit mit Studierenden und Praktikern anderer Fachrichtungen

trainiert und bilden so kommunikative und (fach-)kulturelle Kompetenzen, die für den späteren Beruf von großer Bedeutung sind.

6 Aufbau des Studiengangs

Im ersten Jahr des Studiengangs sind im mathematischen Kernbereich in erster Linie theoretische, aber anwendungsnahe Module zu belegen, die auf den im Bachelorstudium erlangten mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten aufsetzen und die Studierenden mit den wesentlichen Theorien und Methoden der nichtlinearen und diskreten Optimierung, aber auch der Numerik, Stochastik oder der Angewandten Analysis ausstatten. Im zweiten Jahr rückt das Erlernen der Anwendungen der mathematischen Optimierung, Vertiefungen in selbst gewählten Spezialgebieten und auf Selbstständigkeit ausgerichtete Lernformen stärker in den Vordergrund. Das anwendungsorientierte Profil des forschenden Lernens mit Betonung auf die selbständige Umsetzung von theoretischem Wissen auf konkrete, praxisnahe Probleme wird unter anderem in den Modulen „Fallstudien der Diskreten / Nichtlinearen Optimierung“ realisiert. Hierbei werden in Teams konkrete Praxisprobleme bearbeitet, nach Möglichkeit in Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft. In Projektarbeit entwickeln die Studierenden mit Hilfe der erlernten theoretischen und methodischen Grundlagen und unterstützt von ihren Betreuern geeignete mathematische Modelle und algorithmische Lösungsansätze. Sie implementieren diese dabei auch unter Verwendung spezieller Software, wie sie im kommerziellen Umfeld typischerweise genutzt wird.

Flexible Gestaltung durch Wahlmodule (zusammen 80 Credits)

Der Studiengang setzt sich – mit Ausnahme des mathematischen Hauptseminars (3 Credits) und einem verpflichtenden Berufspraktikum (6 Credits) – aus Wahlmodulen zusammen, die aus folgenden Bereichen ausgewählt werden können:

- Mathematische Optimierung (mind. 19 Credits)
- Angewandte Mathematik (mind. 14 Credits)
- ausgewählte Vertiefungsmodule im Bereich math. Operations Research (mind. 5 Credits)
- Nebenfach: Anwendungen des Operations Research in Wirtschaft, Informatik und Wirtschaftsinformatik (12 bis 21 Credits).
- Überfachliche Grundlagen (mind. 4 Credits)

Alle Bereiche bestehen aus umfangreichen Wahlmodulkatalogen mit jeweils dem Qualifikationsprofil entsprechenden fachlichen Angeboten. Es ermöglicht den Studierenden eine flexible Gestaltung des Masterstudiengangs. Die Fachprüfungs- und Studienordnung lässt den Studierenden dabei Wahlfreiheiten bei der Zusammenstellung ihres persönlichen Studienplans, wobei der Schwerpunkt

des Studiums auf mathematischer Optimierung (Diskrete und Nichtlineare Optimierung, Spieltheorie) und ihren Anwendungen durch Mindestvorgaben in gewissen Abschnitten gewährleistet bleibt. Daneben sollen Module aus der Numerik, Stochastik oder der Angewandten Analysis belegt werden. Ergänzt wird dieser Kernbereich durch Module zu speziellen Gebieten der Optimierung und des Operations Research, so dass die Studierenden tiefgehende Kenntnisse und Kompetenzen in ausgewählten Spezialgebieten erwerben und sich ein individuelles Profil schaffen können. Im Rahmen eines Seminars erarbeiten die Studierenden selbständig aktuelle Forschungsthemen. Sie lernen, mathematische Fachartikel zu verstehen, verwandte Ergebnisse zu recherchieren, das jeweilige Thema strukturiert, verständlich und unter adäquater Verwendung der Fachsprache und -techniken zu präsentieren und es in den Gesamtzusammenhang der aktuellen Forschung einzuordnen. Ein Seminar bereitet damit typischerweise auch den Einstieg in die Masterarbeit vor.

Die mathematische Ausbildung wird durch den Bereich „Nebenfach“ ergänzt, in dem die Studierenden aktuelle Anwendungen des Operations Research aus anderen Fachdisziplinen studieren können. Insbesondere in den Fachbereichen Wirtschaftswissenschaften, Informatik und Wirtschaftsinformatik können sie aktuelle Anwendungsbereiche sowie die jeweiligen Methoden und Theorien zur Bearbeitung komplexer Probleme erlernen (z.B. Management Science/Logistik, Spieltheoretische Methoden, Effiziente Algorithmen/Komplexitätstheorie, Methoden der Künstlichen Intelligenz). Ergänzend dazu können weitere passende Nebenfachmodule aus anderen Fakultäten/Fachdisziplinen gewählt werden (höchstens 9 Credits).

Die Module aus den Fächerkatalogen der Fachprüfungs- und Studienordnung werden überschneidungsfrei angeboten. Die meisten Veranstaltungen finden am Standort Garching-Forschungszentrum statt. Ausnahmen sind einige Module der Stochastik, die am Standort Garching-Hochbrück angeboten werden, und die Module aus den Wirtschaftswissenschaften, die überwiegend am Standort München Innenstadt angeboten werden. Dies wird bei der Planung der konkreten Veranstaltungstermine berücksichtigt.

Berufspraktikum (6 Credits)

Ergänzt wird das Studium durch ein verpflichtendes, mindestens vierwöchiges (Vollzeit-) Berufspraktikum (6 Credits), das in der Regel im Anschluss an die Vorlesungszeit des 2. Semesters in einem Unternehmen oder einer Forschungseinrichtung abgeleistet werden kann. Die erfolgreiche Teilnahme wird von den Betrieben und Behörden bestätigt, in denen 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 3. Semesters statt.

Die Aufgaben und Tätigkeiten im Praktikum sollen einen inhaltlichen Bezug zum Studium mit einem konkreten Anwendungsbezug haben (z.B. Optimierung von asphärischen Linsen, Modellierung und

Optimierung von Produktionsabläufen, Optimierung von Lieferplänen, Berechnung von Rückstellungen für Versicherungen, etc.). Denkbar sind insbesondere Anwendungen aus den Bereichen Optimierung, Statistik / Stochastik, Numerik oder in verwandten Gebieten, sowie Tätigkeiten im Bereich der Unternehmensberatung, die auf die analytischen Fähigkeiten von Mathematikerinnen und Mathematikern aufbauen. Tätigkeiten sind u.a. das Verstehen der jeweiligen Anwendungsprobleme und ggf. deren mathematische Modellierung, das Einbringen mathematischer Algorithmen und Ideen, das Kennenlernen von und Arbeiten mit für die jeweilige Anwendung relevanter Software.

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. Besonders qualifizierte Studierende (etwa mit dem Ziel, eine Promotion anzuschließen) können das Praktikum im Rahmen eines Forschungs- und Drittmittelprojektes der am Studiengang beteiligten Wissenschaftler absolvieren.

Überfachliche Grundlagen (4 Credits)

Überfachliche Module im Bereich Rhetorik & Präsentationstechniken, Sprachen oder Unternehmensgründung sind im Umfang von 4 Credits zu belegen, ihr Besuch dient dem Erwerb fachübergreifender Schlüsselkompetenzen. Durch das große Lehrangebot im Bereich der überfachlichen Grundlagen können diese Module flexibel gewählt und belegt werden.

Mobilität

Durch die große Wahlfreiheit im Studium ist ein Auslandsaufenthalt leicht integrierbar und ein Mobilitätsfenster prinzipiell in jedem Fachsemester gegeben. Durch die vielen engen 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. Nach Möglichkeit wird auch die Erlangung eines Doppelabschlusses an der TUM und an einer der renommierten Partneruniversitäten unterstützt. 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 „Minor Modules from other Universities“ vorgesehen, die sowohl für Mathematik-Module als auch für Module im Anwendungsbereich eine Anerkennung ermöglichen. Besonders befähigte Studierende können zudem 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 auch an einer Universität oder Forschungseinrichtung im Ausland verfasst werden kann.

Begründungen für kleine Module

Module unter 5 Credits können im Bereich „überfachliche Grundlagen“ gewählt werden. Das Modul „Hauptseminar“ umfasst 3 Credits, darüber hinaus gibt es im „Nebenfach (Wirtschaft, Wirtschaftsinformatik, Informatik)“ sowie im Bereich „Nebenfachmodule anderer Fachrichtungen“ vereinzelt kleine Module.

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 im Bereich Operation Research 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 dem erforderlichen Workload angemessen, um die dem Modul zugeordneten Lernergebnisse zu erreichen. Der zeitlich konzentrierte Ablauf der Module (oftmals Blockveranstaltungen während des Semesters mit direkt anschließender Prüfung) wirkt sich zudem auf die in der Regel ansteigende Prüfungsbelastung am Ende des Semesters eher positiv aus. Es werden auch während der vorlesungsfreien Zeiten Module im Bereich „Überfachliche Grundlagen“ angeboten.

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 kennen. Dies erfolgt vor allem in Eigenstudium, in Gesprächen mit den Dozenten 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 Workload (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.

Im Wahlkatalog der Nebenfächer (Wirtschaft, Wirtschaftsinformatik, Informatik und anderer Fakultäten) werden neben großen Wahlmodulen auch vereinzelt kleine Module (kleiner 5 Credits) angeboten, deren Lernergebnisse sich fachlich gut in den Studiengang einfügen. Dabei vermitteln kleine Module im Wahlbereich (z.B. Data Mining and Knowledge Discovery, Internetbasierte Geschäftssysteme) spezialisierte und ergänzende Fach- und Anwendungskompetenzen, v.a. bieten sie einen fokussierten Einblick in aktuelle Anwendungspraktiken des Bereichs Operations Research. Allgemein gilt, dass die Studierenden im Nebenfach – wie auch in den übrigen Wahlbereichen des Studiengangs – 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 wählen zu können. Prinzipiell ist aber sichergestellt, dass im Angebot des Nebenfachs ausreichend Wahlmodule im Umfang größer/gleich 5 Credits vorhanden sind und im Rahmen der vorgesehenen Prüfungslast von maximal 6 Prüfungen je Semester studiert werden kann.

Schematischer Aufbau (ohne Masterarbeit)

Der Masterstudiengang *Mathematics in Operations Research* lässt sich sowohl mit Studienbeginn zum Winter- als auch zum Sommersemester innerhalb der Regelstudienzeit von vier Semestern durchlaufen. Im Folgenden ist ein beispielhafter Aufbau des Studiums skizziert, erst schematisch, dann exemplarisch mit konkreten Modulen. Im schematischen Aufbau ist keine Schwerpunktsetzung erkennbar, diese würde erst durch die konkrete Auswahl von Modulen erfolgen. In den exemplarischen Studienplänen mit konkreten Modulen wird einerseits ein Aufbau mit Schwerpunktsetzung in Informatik vorgeschlagen, alternativ dazu dann ein Aufbau mit Schwerpunktsetzung auf Wirtschaft/Wirtschaftsinformatik. Alle Beispiele gehen von einem Beginn im Wintersemester aus.

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

Abschnitt	Module	Credits
A1.1 Optimization	2 Module mit je 5 CP	10
A1.2 Applied Mathematics	2 Module mit 15 CP	15
A1.5.1 Minor Modules Related to the Study Program	1 Modul	5
		Gesamt: 30

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Abschnitt	Module	Credits
A1.1 Optimization	2 Module mit je 5 CP	10
A1.1 Optimization	1 „Case Studies“-Modul	7
A1.2 Applied Mathematics	1 Modul mit 5 CP (oder mehr)	5
A1.5.1 Minor Modules Related to the Study Program	1-2 Module	6
A1.7	Überfachliche Grundlagen	2
		Gesamt: 30

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

Abschnitt	Module	Credits
A1.3 Special Topics	2-3 Module, davon mindestens 5 CP aus A1.3.1	11
A1.5 Minor Modules	1-2 Module	8
A1.7	Hauptseminar	3
A1.7	Berufspraktikum	6
A1.7	Überfachliche Grundlagen	2
		Gesamt: 30

Creditbilanz

Abschnitt	Semester 1	Semester 2	Semester 3	Gesamt
A1.1 Optimization	Wahlmodule 10 CP	Wahlmodule 17 CP		27
A1.2 Applied Mathematics	Wahlmodule 9 CP	Wahlmodule 5 CP		14
A1.3 Special Topics	Wahlmodul 6 CP		Wahlmodule 11 CP	17
A1.5 Minor Modules	Wahlmodule 5 CP	Wahlmodule 6CP	Wahlmodule 8 CP	19
A1.7 Academic Achievements		Überfachliche Grundlagen 2 CP	Überfachliche Grundlagen 2 CP Berufspraktikum 6 CP Seminar 3 CP	13

Gesamt: 90

Konkreter beispielhafter Studienverlauf

Studienplan – Beispiel 1 (mit Fokus im Nebenfach auf Anwendungen in d. Informatik)

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Modern Methods in Nonlinear Optimization (MA4503) Klausur 5 Credits	Probabilistic Algorithms and Techniques in Data Analysis (M4803) Klausur 6 Credits	Masterarbeit
Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	Case Studies Discrete Optimization (MA4512) Poster und Projektarbeit mit Präsentation 7 Credits	Applied Regression (MA4401) Klausur 5 Credits	
Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Alorithmics Game Theory (IN2239) Klausur 5 Credits	Randomized Algorithms (IN2160) Klausur 8 Credits	
Geometry and Topology for Data Analysis (MA4808) Klausur 6 Credits	Computational Statistics (MA3402) Klausur 5 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	
Auction Theory and Market Design (IN2211) Klausur 5 Credits	Application and Implementation of Database Systems (IN2031) Klausur 6 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits	
	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Global Diversity Training (CLA20710) 2 Credits	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits	
5 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	
30 Credits	30 Credits	30 Credits	30 Credits

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA3502	Discrete Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA3503	Nonlinear Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA3303	Numerical Methods for Partial Differential Equations (Klausur)	A1.2	9
MA4804	Geometry and Topology for Data Analysis (Klausur)	A1.3.1	6
IN2211	Auction Theory and Market Design (Klausur)	A1.5.1	5

Gesamt: 30 Credits / 5 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		MA3303 Übungen zu Numerical Methods for PDEs			
10-12	MA3303 Numerical Methods for PDEs	MA4804 Geometry and Topology for Data Analysis	IN2211 Auction Theory and Market Design	MA3503 Übungen zu Nonlinear Optimization (alle 2 Wochen)	IN2211 Auction Theory and Market Design
12-14		MA4804 Übungen z. Geometry and Topology for Data Analysis		MA3502 Discrete Optimization	IN2211 Übung zu Auction Theory and Market Design
14-16	MA3503 Nonlinear Optimization		MA3502 Übungen zu Discrete Optimization (alle 2 Wochen)		
16-18				MA3303 Numerical Methods for PDEs	

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA4503	Modern Methods in Nonlinear Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA4512	Case Studies Discrete Optimization (Projektarbeit mit Präsentation)	A1.1	7
IN2239	Algorithmic Game Theory (Klausur)	A1.1	5
MA3402	Computational Statistics (Klausur)	A1.2	5
IN2031	Application and Implementation of Database Systems (Klausur)	A1.5.1	6
	Überfachliche Grundlagen, z.B. CLA20710 "Global Diversity Training" (Präsentation mit kurzer Ausarbeitung)	A1.7	2

Gesamt: 30 Credits / 6 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10			MA3402 Computational Statistics		
10-12	MA4512 Case Studies Dis- crete Optimization	IN2239 Übung zu Algorith- mic Game Theory		IN2031 Einsatz und Reali- sierung von Daten- banksystemen	
12-14			MA4503 Übung zu Modern Methods in Nonli- near Optimization (alle 2 Wochen)	IN2031 Application and Implementation of Database Systems	
14-16	MA4503 Modern Methods in Nonlinear Opti- mization	IN2239 Algorithmic Game Theory	MA4512 Case Studies Dis- crete Optimization		
16-18	IN2031 Übung zu Applica- tion and Imple- mentation of Data- base Systems		MA3402 Übung zu Compu- tational Statistics (alle 2 Wochen)		

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA4803	Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis (Klausur)	A1.3.1	6
MA4401	Applied Regression (Klausur)	A1.3.1	5
IN2160	Randomized Algorithms (Klausur)	A1.5.1	8
MA6015	Hauptseminar (Präsentation)	A1.7	3
MA8102	Berufspraktikum (Präsentation)	A1.7	6
	Überfachliche Grundlagen, z.B. SZ0451 "Total Immersion English" (Präsentation)	A1.7	2

Gesamt: 30 Credits / 6 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		MA4401 Applied Regression	IN2160 Randomized Algorithms		
10-12	MA4803 Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis	MA4401 Übung zu Applied Regression (alle 2 Wochen)	IN2160 Randomized Algorithms		
12-14			MA4803 Übung zu Probabilistic Techniques and Algorithms in Data Analysis		
14-16				MA6015 Hauptseminar	
16-18					

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

Studienplan – Beispiel 2 (mit Fokus im Nebenfach auf Anwendungen in der Wirtschaft/Wirtschaftsinformatik)

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Discrete Optimization (MA3502) Klausur 5 Credits	Modern Methods in Nonlinear Optimization (MA4503) Klausur 5 Credits	Mathematical Models in Biology (M3601) Klausur 9 Credits	Masterarbeit
Nonlinear Optimization (MA3503) Klausur 5 Credits	Multivariate Statistics (MA4472) Klausur 5 Credits	Applied Regression (MA4401) Klausur 5 Credits	
Numerical Methods for PDE (MA3303) Klausur 9 Credits	Algorithmic Game Theory (IN2239) Klausur 5 Credits	Stochastic Modelling and Optimization (WI000977) Klausur 6 Credits	
Geometry and Topology for Data Analysis (MA4808) Klausur 6 Credits	Computational Statistics (MA3402) Klausur 5 Credits	Hauptseminar (MA6015) Präsentation 3 Credits	
Logistics and Operations Strategy (WI000976) Klausur 6 Credits	Designing and Scheduling Lean Manufacturing Systems (WI100967) Klausur 6 Credits	Berufspraktikum (MA8102) und Präsentation 6 Credits	
	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Global Diversity Training (CLA20710) 2 Credits	Wahlmodul aus dem Katalog Überfachliche Grundlagen z.B. Total Immersion English (SZ0451) 2 Credits	
5 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	6 Prüfungsleistungen	1 Prüfungsleistung
31 Credits	28 Credits	31 Credits	30 Credits

Erstes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA3502	Discrete Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA3503	Nonlinear Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA3303	Numerical Methods for Partial Differential Equations (Klausur)	A1.2	9
MA4804	Geometry and Topology for Data Analysis (Klausur)	A1.3.1	6
WI000976	Logistics and Operations Strategy (Klausur)	A1.5.1	6

Gesamt: 31 Credits / 5 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10	WI000976 Logistics and Operations Strategy	MA3303 Übungen zu Numerical Methods for PDEs			
10-12	MA3303 Numerical Methods for PDEs	MA4804 Geometry and Topology for Data Analysis		MA3503 Übungen zu Nonlinear Optimization (alle 2 Wochen)	
12-14		MA4804 Übungen zu Geometry and Topology for Data Analysis		MA3502 Discrete Optimization	
14-16	MA3503 Nonlinear Optimization		MA3502 Übungen zu Discrete Optimization (alle 2 Wochen)		
16-18				MA3303 Numerical Methods for PDEs	

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

Zweites Fachsemester (Sommersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA4503	Modern Methods in Nonlinear Optimization (Klausur)	A1.1	5
MA4472	Multivariate Statistics	A1.3.1	5
IN2239	Algorithmic Game Theory (Klausur)	A1.1	5
MA3402	Computational Statistics (Klausur)	A1.2	5
WI100967	Designing and Scheduling Lean Manufacturing Systems (Klausur)	A1.5.1	6
	Überfachliche Grundlagen, z.B. CLA20710 "Global Diversity Training" (Präsentation mit kurzer Ausarbeitung)	A1.7	2

Gesamt: 28 Credits / 6 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		MA4472 Multivariate Statistics	MA3402 Computational Statistics		
10-12		IN2239 Übung zu Algorithmic Game Theory			
12-14			MA4503 Übung zu Modern Methods in Nonlinear Optimization (alle 2 Wochen)	WI100967 Designing and Scheduling Lean Manufacturing Systems	
14-16	MA4503 Modern Methods in Nonlinear Optimization	IN2239 Algorithmic Game Theory		WI100967 Designing and Scheduling Lean Manufacturing Systems	
16-18			MA3402 Übung zu Computational Statistics (alle 2 Wochen)		

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

Drittes Fachsemester (Wintersemester)

Modulnummer	Modul (Prüfungsart)	Abschnitt FPSO	Credits
MA3601	Mathematical Models in Biology (Klausur)	A1.3.2	9
MA4401	Applied Regression (Klausur)	A1.3.1	5
WI000977	Stochastic Modelling and Optimization (Klausur)	A1.5.1	6
MA6015	Hauptseminar (Präsentation)	A1.7	3
MA8102	Berufspraktikum (Präsentation)	A1.7	6
	Überfachliche Grundlagen, z.B. SZ0451 "Total Immersion English" (Präsentation)	A1.7	2

Gesamt: 31 Credits / 6 Prüfungsleistungen

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8-10		MA4401 Applied Regression	MA4401 Mathematical Models in Biology		MA3601 Mathematical Models in Biology
10-12	WI000977 Stochastic Modeling and Optimization	MA4401 Übung zu Applied Regression (alle 2 Wochen)	MA3601 Übungen zu Mathematical Models in Biology		
12-14					
14-16				MA6015 Hauptseminar	
16-18					

Übungen werden zu wechselnden Terminen angeboten und sind daher nicht alle im Stundenplan abgebildet.

7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang Mathematics in Operations Research wird von der Fakultät für Mathematik durchgeführt, unter der Beteiligung von Dozenten anderer Fakultäten. Die Verantwortung für den Studiengang innerhalb der Fakultät trägt der Studiendekan, derzeit Prof. Dr. Boris Vexler. Das Lehrangebot für den Masterstudiengang wird dabei durch folgende Lehr- und Forschungseinheiten sichergestellt:

- Im Bereich Optimierung: M1 (Mathematische Optimierung), M9 (Angewandte Geometrie und Diskrete Mathematik) und M17 (Optimalsteuerung)
- im Bereich der sonstigen Angewandten Mathematik: M2 (Numerische Mathematik), M3 (Wissenschaftliches Rechnen), M4 (Mathematische Statistik), M5 (Mathematische Physik), M6 (Mathematische Modellbildung), M7 (Analysis), M8 (Dynamische Systeme), M12 (Biomathematik), M13 (Finanzmathematik), M14 (Wahrscheinlichkeitstheorie) und M15 (Angewandte Numerische Analysis) und M16 (Numerische Methoden der Plasmaphysik)
- Für Angebote im Bereich der Ausgewählten Vertiefungsmodule sowie für die Vergabe von Masterarbeiten kommen prinzipiell alle Lehreinheiten der Fakultät in Frage.
- Die Module aus den Nebenfachkatalogen sind Importmodule aus den entsprechenden Fakultäten. Das Angebot wird mit der Exportfakultät abgestimmt und bei Bedarf angepasst.

Lehr- und Forschungseinheit	Verantwortliche
M1 Mathematische Optimierung	Prof. Dr. Michael Ulbrich
M2 Numerische Mathematik	Prof. Dr. Barbara Wohlmuth, Prof. Dr.-Ing. Rainer Callies, Prof. Dr. Elisabeth Ullmann
M3 Wissenschaftliches Rechnen	Prof. Dr. Folkmar Bornemann, Prof. Dr. Oliver Junge, Prof. Dr. Caroline Lasser
M4 Mathematische Statistik	Prof. Dr. Claudia Klüppelberg, Prof. Dr. Claudia Czado
M5 Mathematische Physik	Prof. Dr. Michael M. Wolf, Prof. Dr. Silke Rolles, Prof. Dr. Dr. h.c. Herbert Spohn, Prof. Dr. Robert König
M6 Mathematische Modellbildung	Prof. Dr. Martin Brokate, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl-Heinz Hoffmann, Prof. Dr. Christina Kuttler

M7 Analysis	Prof. Dr. Gero Friesecke, Prof. Dr. Simone Warzel, Prof. Dr. Marco Cicalese
M8 Dynamische Systeme	Prof. Dr. Daniel Matthes, Prof. Dr. Christian Kühn
M9 Angewandte Geometrie und Diskrete Mathematik	Prof. Dr. Peter Gritzmann, Prof. Dr. Andreas S. Schulz (assoziiert), Prof. Dr. Stefan Weltge
M10 Geometrie und Visualisierung	Prof. Dr. Jürgen Richter-Gebert, Prof. Dr. Tim Hoffmann, Prof. Dr. Ulrich Bauer
M11 Algebra	Prof. Dr. Gregor Kemper, Prof. Dr. Christian Liedtke, Prof. Dr. Eva Viehmann
M12 Biomathematik	Prof. Dr. Fabian Theis, Prof. Dr. Johannes Müller, Prof. Dr. Donna Ankerst
M13 Finanzmathematik	Prof. Dr. Rudi Zagst, Prof. Dr. Matthias Scherer, Prof. Dr. Kathrin Glau
M14 Wahrscheinlichkeitstheorie	Prof. Dr. Nina Gantert, Prof. Dr. Noam Berger Steiger
M15 Angewandte Numerische Analysis	Prof. Dr. Massimo Fornasier, Prof. Dr. Felix Kraher
M16 Numerische Methoden der Plasmaphysik	Prof. Dr. Eric Sonnendrücker
M17 Optimalsteuerung	Prof. Dr. Boris Vexler

Administrative Zuständigkeiten

Aufgaben	Verantwortliche
Studiengangsverantwortliche	Prof. Dr. Peter Gritzmann, Prof. Dr. Michael Ulbrich
Fachstudienberatung	Dr. Michael Ritter
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 Brandenberg, Julia Cyllok, Carola Jumpertz M.A.
Akkreditierung/QM Studium und Lehre (insb. Evaluation Studiengang und LV, Einrichtung, Änderung und Einstellung von Studiengängen)	Angela Puchert