

# Studiengangsdokumentation Masterstudiengang Mathematics in Data Science

Teil A

School of Computation, Information and Technology  
Technische Universität München

## Allgemeines:

- Organisatorische Zuordnung: School of Computation, Information and Technology
- Bezeichnung: Mathematics in Data Science
- Abschluss: Master of Science ( M.Sc.)
- Regelstudienzeit und Credits: 4 Fachsemester und 120 Credit Points (CP)
- Studienform: Vollzeit
- Zulassung: Eignungsverfahren (EV - Master),
  
- Starttermin: Wintersemester (WiSe) 2016/2017
- Sprache: Englisch, einzelne Module in Deutsch  
(komplett in Englisch studierbar)
- Hauptstandort: Garching
  
- Academic Program Director: Prof. Dr. Mathias Drton  
Email: [mathias.drton@tum.de](mailto:mathias.drton@tum.de)  
Telefonnummer: +49 (0)89 289 17432
  
- Studiengangsverantwortlicher: Prof. Dr. Felix Kraemer  
Email: [felix.kraemer@tum.de](mailto:felix.kraemer@tum.de)  
Telefonnummer: +49 (0)89 289 17461
  
- Ansprechperson bei Rückfragen zu diesem Dokument:  
PD Peter Massopust, PhD  
Email: [massopust@ma.tum.de](mailto:massopust@ma.tum.de)  
Telefonnummer: +49 (0) 89 289 16826
  
- Stand vom: [Veröffentlichungsdatum]

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Studiengangsziele</b> .....	<b>4</b>
1.1	Zweck des Studiengangs .....	4
1.2	Strategische Bedeutung des Studiengangs .....	6
<b>2</b>	<b>Qualifikationsprofil</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Zielgruppen</b> .....	<b>9</b>
3.1	Adressat:innenkreis.....	9
3.2	Vorkenntnisse .....	9
3.3	Zielzahlen.....	10
<b>4</b>	<b>Bedarfsanalyse</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Wettbewerbsanalyse</b> .....	<b>12</b>
5.1	Externe Wettbewerbsanalyse .....	12
5.2	Interne Wettbewerbsanalyse.....	12
<b>6</b>	<b>Aufbau des Studiengangs</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten</b> .....	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Entwicklungen im Studiengang</b> .....	<b>25</b>

# 1 Studiengangsziele

## 1.1 Zweck des Studiengangs

Datengesteuerte künstliche Intelligenz ist die treibende Kraft hinter einer Vielzahl einschneidender Veränderungen in unserer Welt. Sie findet sich in vielfältiger Form in modernen technischen Produkten und digitalen Serviceangeboten, welche schon jetzt unser aller Leben beeinflussen. Vorangetrieben durch die Arbeit visionärer Forscher und Firmengründer zeigen die revolutionären Veränderungen unserer Zeit, dass Datenerfassung und Datenanalyse technologische Umwälzungen ermöglichen, die neue Impulse für die Gesellschaft setzen und beeindruckende, kreative Kräfte freisetzen können.

Mit dem Trend hin zu datengesteuerter Technologie, wird die Verarbeitung und Auswertung riesiger Datenmengen zu einem drängenden Problem in vielen Bereichen, welches häufig auch die Entwicklung neuer datenanalytischer Techniken und Verfahren erfordert. Dieser Trend wird durch eine Reihe von Entwicklungen forciert: Allgegenwärtige Sensoren, Smart Devices und die Verbreitung sozialer Netzwerke sorgen für eine immer größere Menge von Daten, die digital zugänglich sind und aufgrund durch günstige Speicherpreise über lange Zeiträume hinweg erfasst werden können. Weiterhin können diese großen Datenmengen durch technische Fortschritte wie schnelle Multi-Core-Systeme und Cloud-Computing effizient verarbeitet werden. Somit ergeben sich vielzählige innovative Anwendungsgebiete wie z.B. Smart Grids, autonomes Fahren, Finanzmarktanalyse, oder auch medizinische Diagnostik. Die Liste der Disziplinen, die durch die intelligente Nutzung der großen verfügbaren Datenmengen Fortschritte erzielen und weitere erhoffen, ist lang und kontinuierlich wachsend.

Gleichzeitig wächst in der Gesellschaft das Bewusstsein um den Wert der Daten und für die Notwendigkeit eines effektiven Datenschutzes. Der Umgang mit den Enthüllungen rund um die National Security Agency, aber auch Sorgen um mangelnde Kontrolle (etwa im Finanzwesen), führen zu einer Debatte über Datenschutz und Datensicherheit, für die auch technische Expertise gefordert ist. Die Kombination aus technologischem Fortschritt und sozialer Entwicklung stellt die Datenverarbeitung vor sehr große Herausforderungen. Zum einen ist es technisch sehr anspruchsvoll, große, sich schnell ändernde, und häufig auch sehr inhomogene Daten zu verarbeiten. Dies fasst man häufig zusammen unter dem Begriff der vier V's der Big Data, Volume, Velocity, Variety und Veracity. Zum anderen ist auch die Interpretation der Daten oft schwierig und erfordert komplexe mathematische Modelle. Das angestrebte Ideal ist deshalb eine teilweise interaktive Auswertung und Exploration von komplexen und sehr großen Datensammlungen, um so neue Erkenntnisse zu gewinnen. Insbesondere müssen hier notwendigerweise der informatische und der mathematische Aspekt harmonisch und gleichberechtigt zusammenspielen, um Zugriff und Analyse dieser großen Datenmengen zu ermöglichen.

Als Reaktion auf diese Entwicklung haben deshalb die Departments Mathematik und Computer Science in der TUM School of Computation, Information and Technology (CIT) im Jahr 2016 die Masterstudiengänge *Mathematics in Data Science* und *Data Engineering and Analytics* eingerichtet. Beide Studiengänge zielen darauf ab, die Studierenden mit Techniken der Datenspeicherung und Datenanalyse vertraut zu machen, die zur Erfassung und Auswertung großer Datenmengen notwendig sind. Schwerpunkt des Studiengangs *Mathematics in Data Science* sind dabei Methoden und Algorithmen aus der Statistik, aus dem Machine Learning, der Optimierung und aus der Theorie

der Datenrepräsentation (siehe hierzu 2. Qualifikationsprofil). Der Studiengang vermittelt neben den notwendigen theoretischen Grundlagen auch konkrete Techniken zur Datenauswertung. Die Studierenden erarbeiten sich die Kompetenzen, dem jeweiligen Ziel angemessene Methoden zu wählen, anzupassen oder auf der Basis ihres breiten Wissensschatzes neue Verfahren zu entwickeln. Insbesondere vermittelt der Studiengang ein tiefgreifendes Verständnis der mathematischen Methoden zur Modellierung und Analyse sehr großer Datenmengen und zur Berechnung, Simulation und Vorhersage komplexer Phänomene. Das erfordert neue Techniken, Methoden und Algorithmen, die Kompetenzen aus mehreren Fachbereichen miteinander verbinden. Ein wichtiger Teil des Studiengangs ist daher auch der Erwerb praktischer Kenntnisse und Fertigkeiten zum Umgang, zur Speicherung und zur Verarbeitung großer Datenmengen. Von besonderer Bedeutung ist hier das Zusammenspiel von Mathematik und Informatik, um anspruchsvolle analytische Techniken und effiziente Algorithmen zum Zugriff auf große Datenmengen zu verbinden.

Der Schwerpunkt des Studiengangs *Data Engineering and Analytics* liegt dagegen auf der technisch-algorithmischen Seite. Der effiziente und effektive Umgang mit Hard- und Software, die Nutzung spezieller Techniken und Algorithmen zum Erfassen und Speichern von Daten sowie zum Data Mining werden dort vertieft behandelt. Auch hier sind Kenntnisse der mathematischen Theorie unabdingbar, sie werden aber nicht in derselben Tiefe vermittelt.

Eine enge Zusammenarbeit und Verzahnung der beiden Masterstudiengänge *Mathematics in Data Science* und *Data Engineering and Analytics* ist essentiell, um trotz der deutlichen Schwerpunktsetzung auch ein breit angelegtes Grundlagenwissen zu vermitteln und so die Basis für eine erfolgreiche Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams zu legen. Zahlreiche Veranstaltungen sind für beide Studiengänge relevant, der hohe Anteil an Vorlesungen aus den Departments *Computer Science* und *Computer Engineering*, sowie aus anderen Anwendungsbereichen trägt diesem Gedanken Rechnung.

Das anwendungsorientierte Profil der TUM berücksichtigt die Mathematik bereits jetzt mit erfolgreichen Masterprogrammen in *Mathematical Finance and Actuarial Sciences* und *Mathematics in Science and Engineering*. In zahlreichen Anwendungsgebieten wächst dabei die Bedeutung von Data Science, was aber im Modulangebot dieser Programme nur bedingt berücksichtigt werden kann. Auf dem internationalen Arbeitsmarkt werden hingegen zunehmend hochqualifizierte Fachkräfte im Data Science-Bereich nachgefragt. Der neue Studiengang betont daher diese spezifischen Qualifikationen und schließt mit einem entsprechenden Titel ab. Mit einer klaren Fokussierung auf Big Data-Aspekte wird sichergestellt, dass unsere Absolvierenden optimal auf alle Herausforderungen der Berufswelt vorbereitet sind. Im Unterschied zu den anderen Masterprogrammen betont der Studiengang auch sehr stark interdisziplinäre Aspekte durch die enge Kooperation mit der Informatik und anderen Fachbereichen, deren Veranstaltungen als zentrale Elemente in den Studiengang integriert sind.

Das Lehrangebot des Departments wird einerseits durch den Master-Studiengang *Mathematics in Data Science* um wichtige Aspekte gestärkt, andererseits werden verschiedene andere Bemühungen gebündelt, so dass auch die bestehenden Studiengänge entscheidend vom neuen, fokussierten Lehrangebot für den Master *Mathematics in Data Science* profitieren werden. Der Studiengang stellt somit eine wichtige Ergänzung zu den vorhandenen Angeboten dar, die jeweils auf bestimmte Anwendungsbereiche fokussieren, bietet aber auch eine ausreichende Breite für ein eigenständiges wissenschaftliches Profil.

## 1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Die ohne Zweifel vorhandenen großen Datenmengen haben einen unschätzbaren wirtschaftlichen Wert, wenn es gelingt, relevante Informationen aus diesen Daten zu gewinnen. Zahlreiche innovative Start-Ups und neue Produkte und Dienstleistungen entstehen im Umfeld von Daten und künstlicher Intelligenz. Die TUM in ihrer Rolle als unternehmerische Universität ist hier gefragt, die Erfolge aus der Forschung in diesem Bereich auch in die Ausbildung zu tragen. Big Data als Querschnittsthema zwischen verschiedenen Fachbereichen hat sich zu einem attraktiven Forschungsgebiet entwickelt, in dem sehr verschiedenen mathematische Aspekte mit konkreten Anwendungen aus den unterschiedlichsten Bereichen zusammenspielen, um aktuelle Fragestellungen der Datenanalyse und Datenverarbeitung zu lösen.

Sowohl die TUM im Gesamten als auch das Department Mathematik, legen einen wichtigen Schwerpunkt ihrer Arbeit auf die internationale Vernetzung von Forschung und Lehre. Der Studiengang *Mathematics in Data Science* passt sich nicht nur hervorragend in die Lehr- und Forschungsstrategie des Departments Mathematik ein, sondern ergänzt auch die Forschung in den anderen vier Departments des CIT TUM; Abbildungen 1 und 2.

### Professional Profile Mathematik in relation to Data Science and AI

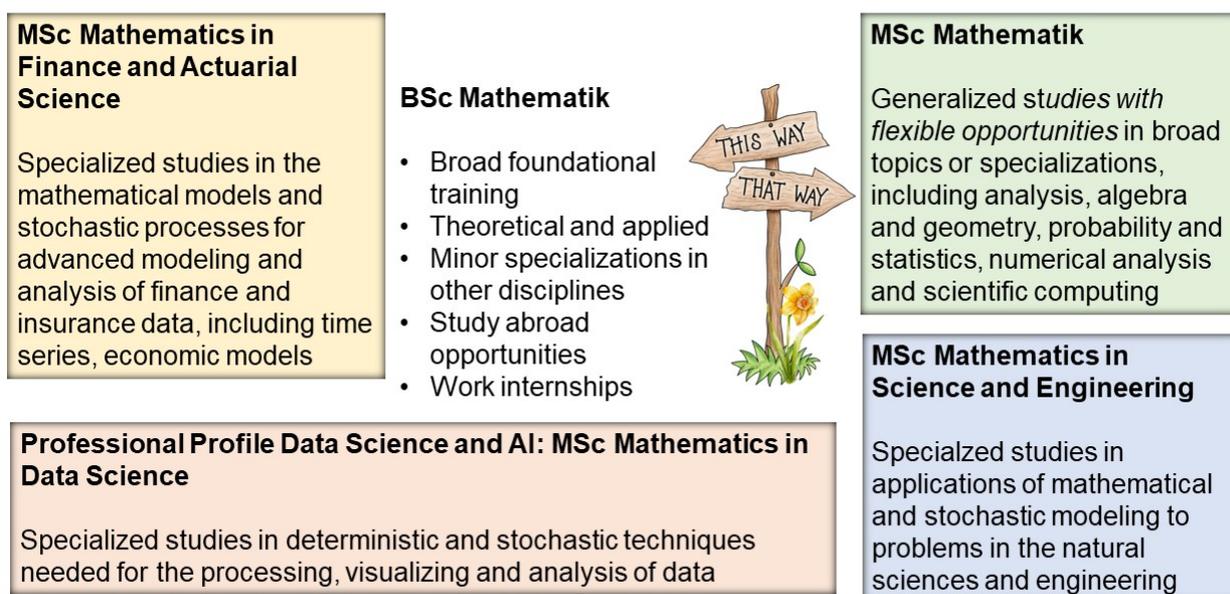


Abbildung 1: Professionelles Profil der Mathematik in Bezug auf Data Science und Artificial Intelligence (AI).

## TUM School of Computation, Information and Technology Four Departments collaborating in One School



**Mathematics**  
Master of  
Mathematics in  
Data Science  
Coordinator



**Computer Science**  
Master of Data  
Engineering and  
Analytics coordinator



**Computer  
Engineering**



**Electrical  
Engineering**

2

Abbildung 2: Die *School of Computation, Information and Technology (CIT)* wurde im Oktober 2022 gegründet.

## 2 Qualifikationsprofil

Im Berufsleben nach erfolgter Ausbildung werden unsere Absolvierenden etwa als Data Analyst:innen z.B. in Technologieunternehmen hoch skalierbare Lösungen entwickeln, mit denen im großen Maßstab Daten erhoben, gespeichert, ausgewertet und analysiert werden können. Kernkompetenz dieser Berufsgruppe ist es, relevante Informationen aus großen Datenbeständen herauszufiltern und aus diesen Informationen Einsichten zu gewinnen, die informierte strategische Entscheidungen ermöglichen. Darüber hinaus sollte er/sie Bewusstsein für den sicheren Umgang mit sensiblen Daten besitzen. Absolvierende des Studiengangs Mathematics in Data Science zeichnen sich besonders durch folgende Fertigkeiten und Kompetenzen aus:

- Die Absolvierenden kennen verschiedene statistische Methoden zur Klassifikation und Bewertung großer Datenmengen (beispielsweise Sequenz- und Clusteranalyse). Sie sind in der Lage, diese Methoden zielgerichtet anzuwenden und ihre jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen zu beurteilen.
- Die Absolvierenden kennen Methoden der Darstellung und der Reduktion großer Datenmengen, mit denen sich die Daten auf bestimmte strukturelle Merkmale hin untersuchen lassen (beispielsweise Spektralanalyse, Compressed Sensing). Sie sind in der Lage, diese Methoden in der Praxis anzuwenden und die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Aussagekraft einzuschätzen.
- Basierend auf verschiedenen Analyseverfahren sind die Absolvierenden in der Lage, mathematische Modelle zu entwickeln, mit denen sich Zusammenhänge in den Daten erkennen und analysieren lassen

- Darauf aufbauend entwickeln sie komplexe Vorhersagemodelle, die Aussagen über die Daten und über künftige Entwicklungen ermöglichen. Dazu verwenden und entwickeln sie hochdimensionale Darstellungen der Daten und geeignete Optimierungsverfahren aus der diskreten, kombinatorischen und nichtlinearen Optimierung in Kombination mit statistischen Verfahren, um Einsichten zu gewinnen, die informierte strategische Entscheidungen ermöglichen (beispielsweise Machine Learning, Support Vector Machines, Dictionary Learning, Manifold Learning, neuronale Netze, Kern-Methoden).
- Sie können die Aussagekraft ihrer Vorhersagen beurteilen und sind in der Lage, die Ergebnisse ihrer Analysen in geeigneter Weise sowohl für wissenschaftlich bzw. technisch geschultes Fachpersonal als auch für fachfremde Personen zu visualisieren und zu kommunizieren.
- Die Absolvierenden kennen Methoden der sicheren und vertraulichen Datenhaltung und sind mit der Problematik anonymisierter und aggregierter Daten vertraut. Sie sind in der Lage, bestehende Prozesse im Hinblick auf Datensicherheit und –vertraulichkeit zu untersuchen, Schwachstellen zu erkennen und Methoden zu verbessern bzw. neu zu entwickeln, die eine sichere Datenhaltung ermöglichen.
- Die technischen Grundlagen der Speicherung und Analyse sind den Absolventen bekannt. Sie können mit den gängigen Software-Werkzeugen zur mathematischen Analyse (z.B. R, SAS Enterprise Miner, SPSS Clementine, Matlab) umgehen und sind in der Lage, geeignete Werkzeuge für ein gegebenes Problem auszuwählen erfolgreich einzusetzen. Darüber hinaus besitzen sie grundlegende Kenntnisse im Data Engineering und sind in der Lage, im Team mit Spezialisten auf diesem Bereich integrierte Lösungen zur Erhebung, Speicherung, Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen zu konzipieren, zu implementieren und weiterzuentwickeln.
- Die Absolvierenden des Masterstudiengangs Mathematics in Data Science sind in der Lage, auf Basis des aktuellen Stands der Forschung Fragestellungen bzgl. weiterführender Probleme zu identifizieren, Forschungshypothesen zu formulieren und einen Forschungsplan aufzustellen. Ferner sind sie in der Lage, wissenschaftliche Untersuchungen einschließlich der Datenerhebung, Datenaufzeichnung und Interpretation unter Verwendung adäquater Methoden (z.B. Visualisierung) durchzuführen. Sie können ihre Forschung und die Resultate in angemessener Weise schriftlich und mündlich sowohl gegenüber der eigenen wissenschaftlichen Community als auch gegenüber Laien kommunizieren.
- Die Absolvierenden sind in der Lage, die gesellschaftlichen Herausforderungen des praktischen Umgangs mit großen Datenmengen und den darin enthaltenen Informationen zu beurteilen. Sie können die Folgen ihres Handelns einschätzen und sind für Fragen der Datensicherheit sensibilisiert. Im Rahmen ihrer Analysen berücksichtigen sie mögliche gesellschaftliche Implikationen. Bei der Entwicklung und Anpassung von Analyseverfahren achten sie besonders auf Datensicherheit und auf die Vertraulichkeit personenbezogener Daten.

Von den Absolvierenden des Informatik-Studiengangs Data Engineering and Analytics unterscheiden sie sich in ihren weitergehenden mathematischen Fähigkeiten: Sie sind in der Lage, komplexe Verfahren zur Datenaufbereitung und Datenanalyse im Detail zu verstehen, komplexe Modelle an konkrete Problemstellungen anzupassen, zu kombinieren oder neu zu entwickeln und daraus Vorhersage- und Klassifikationsmodelle abzuleiten. Sie können die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Algorithmen beurteilen und Algorithmen zur Lösung spezifischer

Problemstellungen weiterentwickeln. Demgegenüber verstehen sich Absolventen des Informatik-Studiengangs besser auf den Umgang mit technischen Werkzeugen, auf die Umsetzung von Algorithmen mit Hilfe moderner Rechnertechnik sowie auf effiziente, dem jeweiligen Algorithmus angepasste Datenstrukturen.

## 3 Zielgruppen

### 3.1 Adressat:innenkreis

Der Studiengang richtet sich vor allem an Studierende mit einem abgeschlossenen Bachelor-Studium in Mathematik mit Vorkenntnissen in Informatik, etwa aus dem Nebenfach, und Informatik mit Nebenfach Mathematik, die sich in Data Science spezialisieren wollen. Studieninteressierte wählen den Mathematik-Studiengang, wenn er den Schwerpunkt auf mathematische Methoden der Datenanalyse legen wollen; liegt das Interesse eher im Bereich der technischen Datenverarbeitung, so wählen sie den Informatik-Studiengang. Ein Studium beider Studiengänge ist ausgeschlossen; jede:r Master-Studierende erhält aber auch im Mathematik-Studiengang grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der informatischen Aspekte der Datenverarbeitung.

### 3.2 Vorkenntnisse

Bewerber:innen für den Studiengang Mathematics in Data Science benötigen mathematische Grundlagen aus der Analysis und der Linearen Algebra im Umfang eines mathematischen oder informatischen Grundstudiums (1. und 2. Semester der Bachelor-Studiengänge), der algorithmischen Mathematik (grundlegende Begriffe der Algorithmik, Datenstrukturen, Algorithmen aus der diskreten Mathematik, Graphenalgorithmen usw.) sowie aus der grundlegenden Wahrscheinlichkeitstheorie (diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie, Grundlagen der Maß- und Integrationstheorie). Weiterhin werden nur elementare Kenntnisse aus der Informatik (Grundlagen der Programmierung, Kenntnis einer gängigen Programmiersprache, methodische Grundlagen der Informatik, Aufbau von und Umgang mit Datenbanksystemen) erwartet.

Der Studiengang wird in englischer Sprache angeboten; er richtet sich daher ausdrücklich auch an internationale Studierende. Um sicherzustellen, dass ausreichende Grundlagen sowohl aus der Mathematik als auch aus der Informatik bei den Bewerber:innen für den Studiengang vorhanden sind, führt das Department ein Eignungsverfahren durch. Neben der Note aus dem vorhergehenden Bachelor-Studium spielen dafür auch die Qualifikation und die Motivation und Leistungsbereitschaft für die Auswahl eine Rolle. Das detaillierte Verfahren wird in der Fachprüfungs- und Studienordnung dargestellt. Internationale Studierende sollen ein Mindestmaß an Kenntnissen der deutschen Sprache mitbringen oder zeitnah zu Beginn ihres Studiums erwerben. Dies ist wichtig für die Integration in den Studienalltag, in dem die Studierenden mit deutschen Kommilitonen zusammen studieren, Arbeits- und Projektgruppen bilden, und sich zwar im professionellen Umfeld in der Fachsprache Englisch verständigen, aber im alltäglichen Umgang auch immer mal wieder auf Deutsch gewechselt wird. Auch in alltäglichen Situationen im privaten oder beruflichen Umfeld, z.B. als Werkstudierende, werden sie mit Deutsch konfrontiert und müssen rasch lernen, sich hier zurechtzufinden.

### 3.3 Zielzahlen

Die nachfolgende Tabelle zeigt für den Zeitbereich Wintersemester 2016/17 bis Wintersemester 2022/23 die Anzahl der Bewerbungen für den Master *Mathematics in Data Science* und die Studienanfänger:innen.

Für die Mehrzahl dieser Studierenden dürfte der Studiengang *Mathematics in Data Science* eine sehr attraktive Wahl sein. Als Vorreiter in diesem Bereich in der deutschen Hochschullandschaft

M.Sc. MA-DS	WiSe 2016/17	SoSe 17	WiSe 2017/18	SoSe 18	WiSe 2018/19	SoSe 19	WiSe 2019/20	SoSe 20
<b>Bewerbungen</b>	19	33	90	75	165	75	162	65
<b>Studienanfänger:innen</b>	8	11	33	13	26	18	33	8
M.Sc. MA-DS	WiSe 2020/21	SoSe 21	SoSe 22	WiSe 2022/23				
<b>Bewerbungen</b>	177	94	69	187				
<b>Studienanfänger:innen</b>	45	20	10	30				

erwarten wir auch eine merkbare Nachfrage von Bachelor-Absolvierenden anderer deutscher Hochschulen. Da es auch europaweit nur wenige vergleichbare Studiengänge gibt (wir kennen aktuell nur eine französische Initiative für ein derartiges Masterprogramm in Big Data an der École nationale de la statistique et de l'analyse de l'information), rechnen wir darüber hinaus auch mit einer steigenden Nachfrage aus dem europäischen Ausland, etwa aus Spanien und Italien. Eine Zahl von 40-50 Studierenden je Jahrgang ist damit eine realistische Zielgröße auch für die Zukunft, die sich mit den aktuellen Mitteln auch abdecken lässt.

## 4 Bedarfsanalyse

Zahlreiche etablierte Unternehmen sind potenzielle Arbeitgeber für unsere Studierenden: Google (mit einer Niederlassung in München), Allianz, Siemens (zu beiden bestehen schon Kontakte im Bereich Data Science), Munich Re, Roche (individualisierte Medikamente, Diagnostik), aber auch kleine und mittelständische Firmen in Bayern wie die Start-Up-Firma Celonis (gegründet von Alumni des Department of Mathematics der TUM) oder Numares Health, ein Spezialunternehmen für In-Vitro-Diagnostik, mit denen ebenfalls schon Kontakte seitens des Department of Mathematics bestehen. All diese Unternehmen sind in Bereichen aktiv, in denen nicht nur große Datenmengen anfallen, sondern in denen eine schnelle und effektive Analyse der in den Daten enthaltenen Informationen entscheidende Wettbewerbsvorteile verschafft. Teilweise, etwa in medizinischen Anwendungen, ist die Analyse großer Datenmengen sogar das zentrale Geschäftsmodell. Viele dieser Firmen sind in München bzw. in Bayern beheimatet oder mit großen Niederlassungen dort vertreten, entsprechende Kontakte können also auch für Praktika und gemeinsame Lehr- und Forschungsprojekte im Rahmen des Studiengangs genutzt werden, was unseren Absolvierenden einen wichtigen Vorsprung gegenüber anderen Bewerber:innen verschafft. Gleichzeitig intensivieren

sich über das damit entstehende Alumni-Netzwerk auch die Kontakte zur TUM als kompetenter Ansprechpartner – auch hier bietet die enge Zusammenarbeit mit der Informatik und mit anderen Departments einen entscheidenden Vorteil, weil durch die fächerübergreifende Kooperation ein sehr breites Anwendungsspektrum abgedeckt werden kann.

## 5 Wettbewerbsanalyse

### 5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

In den USA z.B. gibt es eine ganze Reihe von Universitäten, die Studienprogramme im Bereich Data Science anbieten, ebenso in Australien, wenn auch erheblich weniger, in Südkorea gibt es auch ein Masterprogramm, Singapur baut auf die Data Science Spezialisierung von der Johns Hopkins University. In Europa werden z.B. an der ETH Zürich Professuren im Bereich Big Data besetzt, aber es gibt keinen Studiengang hierzu. Programme, die ähnlich dem Schwesternstudiengang *Data Engineering and Analytics* sind, gibt es z.B. in Dänemark; hier werden jedoch die Mathematikgesichtspunkte vernachlässigt. Das Studienprogramm Data Science in Engineering am EuroTech-Partner TU Eindhoven verbindet zwar explizit Informatik mit der Mathematik, hat aber keinen Schwerpunkt auf den mathematischen Grundlagen der Data Science. Auch das Weiterbildungsprogramm der Ecole Polytechnique, Data Science and Big Data, verbindet Informatik und Mathematik. Aber auch ihm fehlen die zugrunde liegenden mathematischen Grundlagen.

Im internationalen Vergleich sieht man deutlich, dass Masterstudiengänge im Bereich Big Data im Vormarsch sind. Auch unsere Partneruniversitäten haben schon einschlägige Studiengänge etabliert oder überlegen, dies zu tun. In allen Gesprächen der letzten Zeit mit Partneruniversitäten war die Ausbildung im Bereich Big Data ein Thema. Hier musste die TUM aufschließen und der Studiengang Mathematics in Data Science schließt einerseits die Lücke, setzt aber auf der anderen Seite auch durch die Verbindung von Informatik und Mathematik, aber mit Schwerpunkt auf die Mathematik, eigene wichtige Akzente.

In Deutschland sind die einschlägigen Studienangebote sehr begrenzt. Die wichtigsten sind der Studiengang Datenwissenschaften in Dortmund, welcher in der Fakultät für Statistik angesiedelt ist, Data Engineering an der Jacobs University in Bremen und Data Science an der Universität Potsdam. Bisherige Studienangebote beschränken sich meist auf einen der beiden Aspekte Informatik oder Mathematik und vernachlässigen die Synergie zwischen beiden Aspekten. Die Philipps Universität Marburg bieten einen Masterstudiengang in Data Science an, dessen mathematischen Schwerpunkte in der mathematischen Datenanalyse oder des wissenschaftlichen Rechnens liegen, und daher einschränkender sind als der Studiengang *Mathematics in Data Science*. Einen ähnlichen Bachelorstudiengang in Data Science wird auch von der Katholischen Universität Eichstätt angeboten. Da es sich jedoch um einen Bachelorstudiengang handelt, können mathematisch tieferliegende Ergebnisse und Aspekte der Data Science nicht behandelt werden. Auch die LMU hat einen neuen Studiengang im Bereich Data Science in der Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik eingerichtet. Es hier sind sowohl Statistik- als auch Informatikmodule vorhanden. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Statistik.

Es hat sich noch kein kanonischer Studiengang in Data Science entwickelt, dessen Schwerpunkt die Mathematik ist aber welcher auch gleichzeitig wichtige Beziehungen zur Informatik herstellt.

### 5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Als Elite-Universität muss die TUM gerade bei innovativen, aber komplexen Themen Flagge zeigen und das Thema mit einem eigenen Studienangebot bedienen, um nicht gegenüber Konkurrenz-Universitäten an Boden zu verlieren. Weiterhin muss sich hier die TUM den relevanten Firmen, von denen gerade in München viele beheimatet sind, als kompetenter Ansprechpartner präsentieren, der dieses aktuelle Thema wissenschaftlich und lehrmäßig abdeckt. Als unternehmerische Universität ist es zudem von großer Bedeutung, unseren Absolvierenden die fachlichen und Fähigkeiten und Kompetenzen zu vermitteln, die sie zur Lösung technischer und gesellschaftlicher Probleme befähigen und die für erfolgreiche Ausgründungen und die Mitarbeit in kleinen, innovativen Start-Ups wichtig sind. Gerade der Bereich Data Science spielt in anderen Studiengängen in einzelnen Modulen nur eine untergeordnete Rolle. Die beiden neuen Studiengänge sollen gerade den Aspekt Data Science in den Mittelpunkt stellen, sie integrieren dabei auch passende Module aus anderen Studiengängen (IN, EI, ME, ...). Als interdisziplinärster Studiengang des Departments und durch seine Struktur (Austausch mit anderen Studiengängen, Industrie und Wirtschaft, Naturwissenschaften) fördert der Studiengang auf besondere Weise das Unternehmertum und erweitert dadurch sinnvoll das Angebot der TUM.

**Tabelle 1 Inhaltliche Abgrenzung der mathematischen Studiengänge**

Master Studiengang	Schwerpunkt
Master Mathematik	Reine Mathematik oder keinen Schwerpunkt
Master Mathematics in Finance and Actuarial Science	Statistik/ Wahrscheinlichkeitstheorie
Master Mathematics in Data Science	Data Science
Master Mathematics in Science and Engineering	Numerik

Vom parallelen Masterstudiengang *Data Engineering and Analytics* grenzt sich der Studiengang *Mathematics in Data Science* durch einen klaren Fokus auf mathematische Methoden der Datenanalyse, Datenverarbeitung, Modellierung und Algorithmik ab (Struktur siehe Ressourcentabelle). Insbesondere erlangen unsere Studierenden die Fähigkeiten, vorhandene Modelle und Methoden für konkrete Problemstellungen anzupassen, zu kombinieren und weiterzuentwickeln sowie auf Basis eines breiten Wissensschatzes neuartige Modelle und algorithmische Ansätze für die Analyse großer Datenmenge zu entwerfen. Methoden der Optimierung, der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, des maschinellen Lernens sowie Verfahren der Datenrepräsentation, -kompression und -klassifikation erhalten daher breiten Raum in diesem Studiengang. Im Fokus des Studiengangs *Data Engineering and Analytics* stehen dagegen praktische Werkzeuge der Datenanalyse und der Informationsverarbeitung sowie effiziente Algorithmen und geeignete Datenstrukturen und deren Umsetzung auf aktueller Hard- und Software.

Da eine interdisziplinäre Zusammenarbeit gerade im Big Data-Bereich von großer Bedeutung ist, vermitteln beide Studiengänge aber auch wichtige Grundlagen aus dem jeweils anderen Bereich.

Neben der Computer Science, der eine sehr wichtige Rolle als strategischer Partner in diesem Studiengang zukommt, werden auch geeignete Module anderer Departments und Einrichtungen der TUM eingebunden. So bestehen Kontakte zur Carl von Linde-Akademie, zum Munich Data Science Institute sowie zu den Departments in anderen TUM-Schools, thematisch passende Module können also auch in den neuen Studiengang eingebunden werden.

## 6 Aufbau des Studiengangs

Der Studiengang umfasst als Vollzeitstudiengang vier Semester (120 Credits). Der Studienbeginn fand zum Wintersemester 2016/2017 statt und seitdem ist ein Studienbeginn sowohl im Winter- als auch im Sommersemester möglich. Der Aufbau des Studiengangs richtet sich an seinem Qualifikationsprofil aus (vgl. Abschnitt **Error! Reference source not found.**). Die Ausbildung hat das Ziel, die Studierenden auf der Basis vermittelter Methoden und Kompetenzen zu eigenständiger Forschungsarbeit anzuregen. Auf der Basis **vertieften Grundlagenwissens** konzentrieren sich die Studienziele vor allem auf Vermittlung eines an den **aktuellen Forschungsfragen orientierten Fachwissens** und auf die Erlangung **berufsrelevanter Schlüsselqualifikationen**. Dabei stehen die Stärkung **interdisziplinärer Kooperation** und die Weiterentwicklung von **Planungs-, Kommunikations- und Führungskompetenzen** im Vordergrund. Aufgrund der Tatsache, dass sämtliche Module nur in englischer Sprache angeboten werden und die Abschlussarbeit in englischer Sprache zu verfassen ist, verfügen die Absolvierenden über vertiefte englischsprachige Fachkenntnisse sowohl in Wort als auch in Schrift. Darüber hinaus ist Studiengang damit auch für internationale Bewerberinnen und Bewerber höchst attraktiv.

Der Studiengang gliedert sich in die Bereiche

- Pflichtbereich (A)
- Wahlbereich (B)
- Unterstützende Wahlfächer (C).

Im gesamten Studiengang werden verschiedene Module aus dem Studiengang *Data Engineering and Analytics* und ausgewählte Module aus anderen Fachrichtungen (wie etwa Elektro- und Informationstechnik) eingebunden (und umgekehrt), um dem interdisziplinären Charakter der Ausbildung Rechnung zu tragen.

Ein vertieftes Grundlagenwissen wird vor allem in den Pflichtmodulen im ersten Bereich A vermittelt. Insbesondere erhalten Absolvierende eines mathematischen Bachelor-Studiengangs hier die für das weitere Studium zentralen Kenntnisse in der Informatik vermittelt, Absolvierende mit Informatik-Bachelor erwerben dagegen die nötigen mathematischen Kompetenzen. Im Wahlbereich B erhalten die Studierenden einen breiten und fachübergreifenden Einblick in verschiedene grundlegende Methoden, sie erwerben so ein fundiertes Grundlagenwissen über alle Bereiche von Big Data und schaffen gleichzeitig die Basis für die Beschäftigung mit aktuellen Forschungsfragen. Darauf aufbauend wählen die Studierenden im Wahlbereich B zudem vertiefende Veranstaltungen nach ihren individuellen Interessen, wobei ein klarer Fokus auf das Ausbildungsziel Data Science sichergestellt ist. Darüber hinaus werden im Bereich C die erworbenen Kompetenzen in

School of Computation, Information and Technology

[Veröffentlichungsdatum]

gesellschaftlicher und politischer Hinsicht eingeordnet, ethische Aspekte von Wissenschaft und behandelt und mögliche gesellschaftliche Implikationen aufgezeigt. Weitere interdisziplinäre Kompetenzen werden durch die überfachlichen Grundlagen sichergestellt.

## 6.1 Pflichtbereich

Der Grundlagen-Bereich besteht aus den zwei Modulen *Foundations in Data Engineering* und *Foundations in Data Analysis*, ersteres wird von dem Department für Computer Science, zweites von der für Mathematik angeboten. Sie bilden die verpflichtend notwendigen, spezifischen methodischen Grundlagen (Darstellung von Daten, lineare und nichtlineare Einbettungen, Methoden der Dimensionsreduktion, Klassifikation, Grundlagen der nichtlinearen Optimierung, Datenbanktechniken und Datenstrukturen für große Datenmengen, effiziente Algorithmen zum Data Mining, verteilte Algorithmen) für tiefgehende Kompetenzen, die in den Studiengängen *Data Engineering and Analytics* und *Mathematics in Data Science* vermittelt werden. Diese beiden Module sind von allen Studierenden beider Studiengänge verpflichtend zu belegen.

- IN2326 Foundations in Data Engineering (8 CP)
- MA4800 Foundations in Data Analysis (8 CP)

In einem verpflichtenden Seminar (MA6015) verbessern die Studierenden ihre Fertigkeiten in der eigenständigen Literaturrecherche zu einem vorgegebenen Thema. Sie lernen, eine geeignete Auswahl aus dem vorhandenen Material zu treffen, das Thema geeignet zu strukturieren und es visuell aufzubereiten, um es einem wissenschaftlich vorgebildeten Publikum zu präsentieren. Durch den eigenen Vortrag und die Diskussion mit den Betreuern und den anderen Teilnehmern erwerben sie Kompetenzen im wissenschaftlichen Diskurs und in der Präsentationstechnik. Zugleich dient das Seminar dem intensiven Kennenlernen eines Themas und kann so als Einstieg in eine Masterarbeit im behandelten Fachgebiet dienen.

Da die Exploration und Auswertung komplexer Daten in vielen unterschiedlichen Anwendungskontexten benötigt werden, sollen die Studierenden exemplarisch einen solchen Anwendungsbereich kennenlernen. So ergänzen heutzutage datengetriebene Geschäftsmodelle traditionelle Wertschöpfungsmodelle. Ein Praktikum außerhalb der Universität ermöglicht den Studierenden einen Einblick in die praktischen Implikationen dieses Paradigmenwechsels und in die Vielzahl der Anwendungen, die durch Big Data möglich gemacht werden. Es ist daher für alle Absolventen des Studiengangs *Mathematics in Data Science* verpflichtend, sein Inhalt sollte mit dem Studienschwerpunkt in Zusammenhang stehen und seine Dauer 6 Wochen (Vollzeit) nicht unterschreiten.

### Grundlagen-Pflichtbereich:

- Foundations in Data Engineering (8 CP)
- Foundations in Data Analysis (8 CP)
- Seminar (5 CP)
- Praktikum und Praktikumsseminar (10 CP)

## 6.2 Wahlbereich

Die Module des Wahlbereichs lassen sich in drei unterschiedliche Kategorien von Big Data einordnen:

- Data Analysis (B1)
- Data Analytics (B2)
- Data Engineering (B3)

Alle diese drei Kategorien sind wichtige Bestandteile einer gründlichen Ausbildung im Bereich Big Data, so dass die Studierenden zusammen mit den Pflichtmodulen in allen drei Kategorien vertieftes Grundlagenwissen und Kompetenzen erwerben. Die drei Kategorien werden ihrerseits wiederum in einen **grundlegenden** Teil und in einen **fortgeschrittenen** Teil aufgeteilt, wobei der vertiefende Teil von Data Analysis dem Studiengang *Mathematics in Data Science* vorbehalten ist – umgekehrt ist der fortgeschrittene Teil von Data Engineering dem Studiengang *Data Engineering and Analytics* vorbehalten.

Der Pflicht- und der grundlegende Teil des Wahlbereichs stellen sicher, dass die wesentlichen Qualifikationsziele des Studiengangs erreicht werden. Eine Vertiefung nach individuellen Interessen ist im **fortgeschrittenen Teil der beiden Bereiche** Data Analysis und Data Analytics möglich. Eine Vertiefung im Bereich Data Engineering ist nur im Studiengang *Data Engineering and Analytics* möglich. Im weiterführenden Bereich wird hauptsächlich an aktuellen Forschungsfragen orientiertes Fachwissen vermittelt.

### Grundlagen-Wahlbereich (B1.1, B2.1, B3)

Im Grundlagen-Wahlbereich werden fortgeschrittene Kenntnisse aus den Bereichen Datenspeicherung, Datenverarbeitung, Repräsentation, Klassifikation und Optimierung erworben, die für die effiziente Verarbeitung von großen Datenmengen erforderlich sind. Hierdurch werden Kompetenzen vermittelt, die unsere Studierenden dazu befähigen, in der interdisziplinären Zusammenarbeit mit Anwendern, Technikern und Entwicklern wissenschaftlich fundierte und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen, zukünftige Forschungs- und Anwendungsfelder zu erkennen und bereichsspezifische Teilkomponenten einer komplexen Datenexploration eigenständig zu entwickeln. Dazu gehören etwa Methoden zur Modellierung und Analyse großer Netzwerke, zur Verarbeitung, Transformation und Analyse von Signalen, Verfahren des maschinellen Lernens wie Support Vector Machines, Klassifikationsverfahren, neuronale Netze oder Methoden des statistischen Lernens, Algorithmen zur Darstellung, Kompression, und effizienten Ablage und zur Suche in großen, inhomogenen Datenbeständen auch in Kombination mit verteilter Datenhaltung sowie Aspekte der Datensicherheit und Datenintegrität.

Der Grundlagen-Wahlbereich soll eine gewisse Breite der Ausbildung über alle Aspekte von Big Data sicherstellen, die Studierenden belegen mindestens ein Modul aus jedem der drei folgenden Schwerpunktbereiche: B1.1 Data Analysis, B2.1 Data Analytics sowie B.3 Data Engineering. Die Module sind so ausgewählt, dass sie von qualifizierten Studierenden mit Mathematik- sowie mit Informatik-Bachelor gleichermaßen besucht werden können, wenn die jeweiligen Grundlagen-Pflichtmodule zuvor belegt worden sind. Im Zweifel gibt der Fachstudienberater Empfehlungen, die sich nach den individuellen Vorkenntnissen richten und darauf ausgerichtet sind, eine gute Grundlage für das Studium im weiterführenden Bereich zu schaffen. Eine detaillierte Liste der möglichen Veranstaltungen enthält die FPSO in Anhang 9.1.

### Grundlagen-Wahlbereich (B1.1, B2.1, B3):

- mindestens 15 Credits,
- mindestens ein Modul aus jedem der drei Bereiche Data Engineering, Data Analytics, Data Analysis.

## Fortgeschrittener Wahlbereich (B1.2, B2.2)

Durch die vertiefenden Module in den fortgeschrittenen Wahlbereichen B1.2 und B2.2 erlangen die Studierenden spezielle fachliche Expertise, die sie im Vergleich zu den Absolventen des Masters Informatik und des Master Mathematik in den entsprechenden Teilgebieten des Data Engineering und der Data Analysis mit weit überdurchschnittlichen Kompetenzen ausstattet. Durch die weitgehend freie Wahl der einzelnen Module werden besondere Stärken und Interessen der Studierenden abgebildet, die Studierenden können sich also ihre spezifischen Kompetenz-Schwerpunkte selbst wählen und somit das Ausbildungsniveau durch ein individuelles Profil abrunden. Die Schwerpunktsetzung ermöglicht dabei jedem Studierenden, seine eigenen Interessen zu verfolgen. Andererseits sind verpflichtend Module aus den beiden Schwerpunktbereichen B1.2.1 Data Analysis und B1.2.2 Machine Learning zu belegen, so dass neben dem individuellen Schwerpunkt auch eine gewisse Tiefe der Ausbildung und eine deutliche Ausrichtung auf den allgemeinen Fokus Data Science sichergestellt ist.

Weiterführende Module können entsprechend den Interessen der Studierenden aus dem Wahlkatalog des weiterführenden Bereichs gewählt werden. Hierbei ist von den Studierenden darauf zu achten, dass sie die notwendigen Vorkenntnisse, die in den Modulbeschreibungen festgehalten sind, mitbringen. Zur Orientierung sind im Modulkatalog in der FPSO die mathematischen Vorlesungen besonders gekennzeichnet, die von Studierenden mit einem Bachelor in Informatik über das Mindestmaß hinausgehende Vorkenntnisse verlangen. Diese Vorkenntnisse können typischerweise in den beiden Vorlesungen aus dem Pflichtbereich A erworben werden, so dass bei geeigneter Wahl der Module Studierbarkeit in jedem Fall sichergestellt ist. Die Studierenden sind angehalten, im Zweifel ein Beratungsgespräch mit der Fachstudienberatung zu führen.

Die praktische Umsetzung der erlernten Konzepte und Methoden wird im Rahmen von Seminaren, Praktika, und Fallstudien vertieft, z.B. der Data Innovation Lab, Case Studies in Mathematical Biologie, Statistics of the American NFL.

### Fortgeschrittener Wahlbereich (B1.2, B2.2):

- mindestens 25 Credits,
- dabei je mindestens 1 Modul aus den Bereichen B1.2.1 und B1.2.2.

## 6.3 Unterstützende Wahlfächer

Absolventen des Masterstudiengangs *Mathematics in Data Science* müssen verantwortungsvoll mit den Daten umgehen, die sie im Rahmen ihrer späteren Tätigkeit extensiv speichern, verarbeiten und analysieren werden. Eine Sensibilisierung im Hinblick auf ethische und gesellschaftliche Aspekte von Big Data ist daher von besonderer Wichtigkeit für den Studiengang. Die Studierenden beschäftigen sich daher im Rahmen ihres Studiums im Bereich C verpflichtend mit den gesellschaftlichen und politischen Implikationen von Big Data. Sie belegen dabei Module aus dem Bereich Social and Political Aspects of Data Science mit einem Mindestumfang von 3 Credits.

Die Berufsbefähigung der Absolvierenden wird auch dadurch gestärkt, dass zusätzlich spezielle Veranstaltungen aus dem Katalog regelmäßig angebotener Module zu überfachlichen Grundlagen gewählt werden müssen. In diesem Bereich wählen die Studierenden je nach persönlichen Interessen und individuellen beruflichen Perspektiven aus einem breiten Angebot, beispielsweise um die Fremdsprachenkompetenz zu erweitern oder die juristischen Grundkenntnisse zu erwerben,

um rechtsverbindliche Dokumente zu verstehen und mit aushandeln zu können oder um die gesetzlichen Grundlagen von Datenschutz, Urheberrecht oder Produkthaftung kennenzulernen.

#### **Überfachliche Grundlagen:**

- mindestens 3 Credits,
- Auswahl aus einem vom Prüfungsausschuss festgelegten und fortgeschriebenen Katalog.

#### **Social and Political Aspects of Data Science:**

- mindestens 3 Credits von speziell für den Studiengang angebotenen Modulen des MCTS.

### **6.4 Masterarbeit**

Die abschließende Masterarbeit (30 Credits) wird als Nachweis des wissenschaftlichen Handwerks verstanden und soll die Befähigung der Studierenden zeigen, unter Anleitung wissenschaftlich zu arbeiten. Diesbezüglich sollte die Masterarbeit ein integraler Bestandteil von laufenden Forschungsprojekten in einem der gewählten Kernbereiche sein. Die Studierenden weisen im Rahmen der Masterarbeit nach, dass sie in der Lage sind, sich unter Anleitung in ein abgegrenztes Gebiet der mathematischen Datenanalyse einzuarbeiten, selbständig relevante Literatur zu recherchieren und zusammenzufassen, mathematische Ideen zu formulieren und zu beweisen. Sie stellen unter Beweis, dass sie mit den im Rahmen des bisherigen Studiums erworbenen Fertigkeiten und Kompetenzen Probleme strukturieren, analysieren und einordnen können sowie Lösungsansätze für eine konkrete Problemstellung entwickeln und testen können. Die Ergebnisse ihrer Arbeit ordnen sie kritisch in die aktuelle Forschung und in den Rahmen der jeweiligen Anwendung ein. Während der Anfertigung ihrer Arbeit berichten die Studierenden im Rahmen eines Masterkolloquiums regelmäßig kurz über ihre Fortschritte und aktuelle Herausforderungen und diskutieren mit anderen Studierenden und mit ihren Betreuern das weitere Vorgehen. In diesem Rahmen erwerben und vertiefen sie Kompetenzen im wissenschaftlichen Diskurs und in der eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit. Passend zum internationalen Profil des Studiengangs sollte die Masterarbeit in englischer Sprache verfasst werden.

#### **Masterarbeit mit Masterkolloquium: 30 CP**

### **6.5 Mobilität**

Module aus dem Ausland, für die es kein äquivalentes TUM-Modul gibt, können im Umfang von bis zu 30 CP im Bereich Advanced Topics in Data Science eingebracht werden. Voraussetzung ist, dass es sich um Module auf Master-Niveau handelt, die den Fachbereichen Mathematik oder Informatik zugeordnet sind und die einen entsprechenden Beitrag zum Qualitätsprofil bringen. Die Entscheidung über eine Anerkennung trifft die Fachstudienberatung in Abstimmung mit dem Prüfungsausschuss. Zur Erleichterung und besseren Planung eines Auslandssemesters führt die Fachstudienberatung einen Katalog, aus dem ersichtlich ist, welche Veranstaltungen in der Vergangenheit bereits anerkannt wurden. Diese Möglichkeit und die übliche 1:1-Anerkennungen von Modulen, für die ein äquivalentes TUM-Modul existiert (in allen Abschnitten), ermöglichen es den Studierenden, ein Auslandssemester an einer anderen Universität zu verbringen und die dort erbrachten Leistungen in vollem Umfang für sein Studium an der TUM anrechnen zu lassen, so dass

ein Auslandsaufenthalt ohne Überschreiten der Regelstudienzeit problemlos möglich ist. Ein entsprechendes Beispiel wird in Abschnitt 5.7 exemplarisch dargestellt.

## 6.6 Zusammenfassung der formalen Randbedingungen der Veranstaltungswahl - Creditbilanz

- **Pflichtbereich:** 31 Credits: Beide Grundlagenmodule mit je 8 Credits sind Pflicht, ein Seminar (5 Credits) und ein Berufspraktikum (10 Credits) sind ebenfalls Pflicht.
- **Grundlegender Wahlbereich** (B1.1, B2.1, B3): Mindestens 15 Credits: mindestens ein Modul aus jeder der drei Kategorien Data Engineering, Data Analytics und Data Analysis muss gewählt werden.
- **Fortgeschrittener Wahlbereich** (B1.2, B2.2): Mindestens 25 Credits: dabei je mindestens 1 Modul aus den Bereichen B1.2.1 und B1.2.2.

**Insgesamt** müssen

- aus dem Pflichtbereich (A), **31 Credits**
- zusammen aus dem Wahlbereich (B) und dem Wahlkatalog des Masterstudiengangs Informatik mindestens **53 Credits**
- aus dem Bereich Unterstützende Wahlfächer (C) **6 Credits**
- für die Master's Thesis **30 Credits**

erbracht werden.

## 6.7 Beispiele für konkrete Studienpläne

Im Folgenden ist exemplarisch ein Studien-/Stundenplan mit konkreter Auswahl der Module aus den Grundlagen- und weiterführenden Bereichen angegeben. Dabei werden ca. 30 Credits pro Semester absolviert, es sind maximal 6 verschiedene Module je Semester zu belegen.

Studienbeginn ist im Wintersemester

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Foundations in Data Engineering	Foundations in Data Analysis	Geometry and Topology for Data Analysis	Masterarbeit
Klausur	Klausur	Klausur	
Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	
Fourier Analysis	Statistical Learning	Generalized Linear Models	
Klausur	Klausur	Klausur	
Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	

Functional Analysis	Computational Statistics	Hauptseminar	
Klausur	Klausur	mündlich	
Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	
Distributed Systems	Parallel Algorithms	Berufspraktikum	
Klausur	Klausur	mündlich	
Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung	
Überfachliche Grundlagen	Political Aspects of Data Science		
Mündlich	mündlich		
Eine Prüfungsleistung	Eine Prüfungsleistung		
<b>5 Prüfungsleistungen</b>	<b>5 Prüfungsleistungen</b>	<b>4 Prüfungsleistungen</b>	
<b>30 Credits</b>	<b>30 Credits</b>	<b>30 Credits</b>	<b>30 Credits</b>

Erstes Fachsemester (Wintersemester); FPSO = Fachprüfungs- und Studienordnung

<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
Foundations in Data Engineering (IN2326)	A	8
Fourier Analysis (MA4064)	B2.2	5
Distributed Systems (IN2259)	B3	5
Functional Analysis (MA3001)	B1.1	9
Überfachliche Grundlagen	C1	3
<b>Gesamt</b>		<b>30</b>

## Zweites Fachsemester (Sommersemester)

<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
Foundations in Data Analysis (MA4800)	A	8
Parallel Algorithms (IN2011)	B2.2	8
Computational Statistics (MA4402)	B1.1	5
Statistical Learning (MA4802)	B1.2.2	6
Political Aspects of Data Science	C2	3
Gesamt		30

## Drittes Fachsemester (Wintersemester)

<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
Hauptseminar (MA6015)	A	5
Geometry and Topology for Data Analysis (MA4804)	B1.2.1	6
Berufspraktikum (MA8102)	A	10
Generalized Linear Models (MA3403)	B2.1	9
Gesamt		30

## Viertes Fachsemester (Sommersemester)

<i>Modul</i>	<i>Abschnitt FPSO</i>	<i>Credits</i>
Masterarbeit (MA6025)		30

## Credit-Bilanz

Nr.	Bereich	Semester	Credits
1	Pflichtbereich Vorlesungen (A)	1 - 3	16
2	Grundlagen Wahlbereich (B1.1, B2.1, B3)	1 - 3	28

3	Fortgeschrittener Wahlbereich B1.2.1 und B1.2.2	2 und 3	12
3	Fortgeschrittener Wahlbereich B2.2	1 und 2	13
4	Hauptseminar (A)	3	5
5	Berufspraktikum (A)	3	10
6	Überfachliche Grundlagen	1	3
7	Political Aspects of Data Science	2	3
8	Master's Thesis	4	30
	Summe		120

## 6.8 Rechtliche, ökonomische, ethische oder gender-orientierte Aspekte

Die TUM bietet im Rahmen der Vermittlung überfachlicher Grundlagen über die Carl-von-Linde Akademie eine Reihe von Modulen an, die Studierenden des neuen Masterstudiengangs Einblicke in diverse rechtliche, ökonomische, ethische und gender-orientierte etc. Aspekte geben können. Ebenso bietet das Department Computer Science überfachliche Module an, die sich für Studierende beider Studiengänge eignen, z.B. Existenzgründung oder Datenschutz. Module im Bereich *unterstützende Wahlfächer* können im Umfang von 6 Credits gewählt werden. Dadurch erwerben die Studierenden Kompetenzen hinsichtlich der ethischen Beurteilung und der gesellschaftspolitischen Implikationen von Big Data und Anwendungen der Datenanalyse.

## 7 Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Studiengang *Mathematics in Data Science* wird unter Mitwirkung des TUM Department für Computer Science partnerschaftlich angeboten. Die organisatorische und administrative Abwicklung erfolgt durch das Department für Mathematik, wobei angestrebt wird, gemeinsame Organe mit dem Partnerstudiengang *Data Engineering and Analytics* zu schaffen. Der Prüfungsausschuss für den Studiengang *Mathematics in Data Science* setzt sich aus Mitgliedern der beiden genannten Departments zusammen.

Sämtliche verpflichtende Veranstaltungen (Pflichtmodule) werden vom Department of Computer Science oder dem Department of Mathematics angeboten. Daher sind diese beiden Departments mit jeweils einem Mitglied im Prüfungsausschuss des Partnerstudienganges vertreten. Wahlmodule im Bereich der Anwendungskataloge werden darüber hinaus von dem Department of Electrical Engineering angeboten.

Die Fachstudienberatung erfolgt über die Studiengangsverantwortlichen und die Fachstudienberater:innen des Studiengangs. Diese wickeln darüber hinaus zusammen mit der Kommission für das Eignungsverfahren das Bewerbungsverfahren für den Masterstudiengang ab.

Von außen wird das Programm sichtbar werden durch ein gemeinsames Webportal. Die Zulassung wird geregelt durch eine vereinheitlichte Bewerbungsprozedur, bei der die Bewerber:innen angeleitet werden, sich für den passenden Teilstudiengang zu entscheiden. Die Bewerbungen werden in enger Abstimmung evaluiert. Es wird eine gemeinsame Studienkommission gebildet, die sich regelmäßig trifft, die Studiengänge bewertet und anpasst; die Studienkommission ist dabei offen für Beteiligung weiterer Departments. Das Programm kann so als Keimzelle und Prototyp für eine interdepartementale Big Data-Initiative an der TUM fungieren.

Für administrative Aspekte der Studienorganisation sind teils die zentralen Arbeitsbereiche des TUM Center for Study and Teaching (TUM CST), teils Einrichtungen der School zuständig (s. folgende Übersicht):

- Allgemeine Studienberatung:
  - zentral:
  - Studienberatung und -information (TUM CST)
  - E-Mailadresse: [studium@tum.de](mailto:studium@tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245
  - bietet Informationen und Beratung für:
  - Studieninteressierte und Studierende
  - (über Hotline/Service Desk)
  
- Fachstudienberatung:
  - PD Dr. Peter Massopust
  - School of Computation, Information and Technology
  - Department of Mathematics
  - E-Mailadresse: [master-ds@ma.tum.de](mailto:master-ds@ma.tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0)89 289 16826
  
- Student Office, Infopoint oder Ähnliches:
  - Infopunkt Mathematik
  - E-Mailadresse: [infopoint@ma.tum.de](mailto:infopoint@ma.tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0)89 289 17577
  
- Beratung Auslandsaufenthalt/Internationalisierung:
  - zentral: TUM Global & Alumni Office
  - [internationalcenter@tum.de](mailto:internationalcenter@tum.de)
  - School of Computation, Information and Technology
  - Department of Mathematics
  - Julia Cylllok
  - E-Mailadresse: [cyllok@ma.tum.de](mailto:cyllok@ma.tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0)89 289 17597
  - Carola Jumpertz
  - E-Mailadresse: [jumpertz@ma.tum.de](mailto:jumpertz@ma.tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0)89 289 17552
  
- Frauenbeauftragter:
  - School of Computation, Information and Technology
  - Prof. Dr. Felix Kraemer
  - [kraemer@ma.tum.de](mailto:kraemer@ma.tum.de)
  - Telefonnummer: +49 (0) 289 17461

- Beratung barrierefreies Studium: zentral: Servicestelle für behinderte und chronisch kranke Studierende und Studieninteressierte (TUM CST)  
E-Mailadresse: Handicap@zv.tum.de  
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22737
- Bewerbung und Immatrikulation: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)  
E-Mailadresse: studium@tum.de  
Telefonnummer: +49 (0)89 289 22245  
Bewerbung, Immatrikulation, Student Card, Beurlaubung, Rückmeldung, Exmatrikulation
- Eignungsfeststellungsverfahren: zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)  
dezentral: Institution(en), ggf. Name(n), E-Mailadresse(n) und Telefonnummer(n)
- Eignungsverfahren: falls EV vorhanden:  
zentral: Bewerbung und Immatrikulation (TUM CST)  
PD Dr. Peter Massopust  
School of Computation, Information and Technology  
Department of Mathematics  
E-Mailadresse: master-ds@ma.tum.de  
Telefonnummer: +49 (0)89 289 16826
- Beiträge und Stipendien: zentral: Beiträge und Stipendien (TUM CST)  
E-Mailadresse:  
beitragsmanagement@zv.tum.de  
Stipendien und Semesterbeiträge
- Zentrale Prüfungsangelegenheiten: zentral: Zentrale Prüfungsangelegenheiten (TUM CST), Campus XYZ  
Abschlussdokumente, Prüfungsbescheide, Studienabschlussbescheinigungen
- Dezentrale Prüfungsverwaltung: Jana Graul  
graul@ma.tum.de
- Prüfungsausschuss: Prof. Dr. Johannes Müller  
Dr. Michael Ritter
- Qualitätsmanagement: zentral: Qualitätsmanagement (TUM CST)  
<https://www.tum.de/studium/tumcst/teams-cst/>  
dezentral: Institution(en), ggf. Name(n), E-Mailadresse(n) und Telefonnummer(n) von

folgenden Ansprechpersonen:  
Vice Dean Academic and Student Affairs,  
QM-Beauftragte/r  
Organisation QM-Zirkel  
Evaluationsbeauftragte/r  
Koordination Modulmanagement

## 8 Entwicklungen im Studiengang

- Die Anlage 1 der FPSO wurde aktualisiert, da einige Module nicht mehr angeboten werden bzw. neue hinzukamen. Letztere spiegeln den Zuwachs von neuen Forschungsrichtungen wider.
- In Abschnitt C Support Electives wurde das Modulangebot erweitert und mit dem Schwesternstudiengang *Data Engineering and Analytics* abgestimmt.