

# Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.) im Fach Mathematics in Data and  
Technology - Hauptfach  
(Prüfungsordnungsversion 2024)



# Inhaltsverzeichnis

Prolog.....	4
<b>Pflichtmodule.....</b>	<b>9</b>
Basics in Applied Mathematics.....	10
Mathematical Seminar.....	16
Graduate Student Speaker Series.....	18
<b>Advanced Lecture.....</b>	<b>21</b>
Advanced Lecture in Numerics.....	22
Advanced Lecture in Stochastics.....	35
<b>Praxismodule.....</b>	<b>51</b>
Industrial Placement.....	52
Programming Project.....	54
<b>Electives in Data.....</b>	<b>56</b>
<b>    Electives in Data: Vorlesungen der Mathematik.....</b>	<b>57</b>
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning.....	58
Analysis III.....	62
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations.....	66
Functional Analysis.....	71
Lévy Processes and Financial Applications.....	75
Machine Learning for Stochastics.....	80
Markov Chains.....	84
Mathematical Modelling.....	88
Measure Theory.....	92
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations.....	96
Numerics for Differential Equations.....	101
Probability Theory.....	107
Mathematical Seminar.....	112
<b>    Electives in Data: Veranstaltungen der Technischen Fakultät.....</b>	<b>115</b>
<b>    Electives in Data: Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaften.....</b>	<b>117</b>
<b>Electives.....</b>	<b>118</b>
<b>    Electives: Praktische Übungen.....</b>	<b>119</b>
Machine Learning: Praktische Übung.....	120
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Praktische Übung.....	123
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Praktische Übung.....	126
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Praktische Übung....	129
<b>    Electives: Mathematik-Vorlesungen.....</b>	<b>132</b>
Algebra und Zahlentheorie.....	133
Algebraische Topologie.....	138
Allgemeine Relativitätstheorie.....	142
Differentialgeometrie.....	146
Einführung in partielle Differentialgleichungen.....	150
Funktionentheorie.....	154
Kurven und Flächen.....	158
Mathematische Logik.....	162
Modelltheorie.....	167
Topologie.....	171
Variationsrechnung.....	175
<b>    Electives: andere Veranstaltungen.....</b>	<b>179</b>
Seminar.....	180
Lernen durch Lehren.....	183

Master Thesis.....	186
Epilog.....	188

## Prolog

### 1. Kenndaten des Studiengangs

Fach	Mathematics in Data and Technology
Abschluss	Master of Science
Prüfungsordnungsversion	2024
Art des Studiengangs	konsekutiv
Studienform	Vollzeit
Regelstudienzeit	vier Semester
Sprache	englisch, einzelne Wahlveranstaltungen deutsch
Studienbeginn	Wintersemester
Hochschule	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Fakultät	Fakultät für Mathematik und Physik
Institut	Mathematisches Institut
Homepage des Instituts	<a href="https://www.math.uni-freiburg.de/">https://www.math.uni-freiburg.de/</a>
Webseite des Studiengangs	<a href="https://www.math.uni-freiburg.de/nlehre/de/studiengaenge/msc_data/">https://www.math.uni-freiburg.de/nlehre/de/studiengaenge/msc_data/</a>

### 2. Profil und Ziele des Studiengangs

Der englischsprachige Masterstudiengang Mathematics in Data and Technology richtet sich an Absolventinnen/Absolventen von Bachelorstudiengängen der Fachrichtungen Mathematik und Informatik sowie aus dem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Bereich und vermittelt vertiefte Kenntnisse in Teilbereichen der Angewandten Mathematik und angrenzender wissenschaftlicher Disziplinen, die für die mathematische Datenanalyse in Anwendungsbereichen wie Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen oder Simulation realer Vorgänge relevant sind. Aufbauend auf einem Einführungsmodul, das einen Überblick über die Gebiete Numerik, Stochastik und Optimierung vermittelt, sowie einem Vertiefungsmodul wahlweise aus der Numerik oder aus der Stochastik, bietet der Studiengang die Möglichkeit der individuellen Schwerpunktsetzung in Gebieten wie beispielsweise Deep Learning, Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen, Optimierung, Statistik. Die Studierenden werden dazu befähigt, die mathematischen Methoden dieser Gebiete zu analysieren, zu beurteilen und weiterzuentwickeln. Der erfolgreiche Abschluss des Masterstudiums qualifiziert für Tätigkeiten in Berufsfeldern wie Datenanalyse, Digital Engineering, Anwendung und Methodenbildung im Bereich Deep Learning und Künstliche Intelligenz, Risikomodellierung oder Softwareentwicklung. Überdurchschnittlich qualifizierten Absolventinnen/Absolventen steht zudem der Einstieg in eine akademische Laufbahn offen.

#### Fachliche Qualifikationsziele:

Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs verfügen über vertieftes Wissen der mathematischen Grundlagen in dem von ihnen gewählten Spezialisierungsbereich sowie Erfahrung der Umsetzung der Verfahren in Bereichen der Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Sie sind in der Lage, die darauf basierenden Methoden auf konkrete Fragestellungen anzuwenden und zu analysieren. Insbesondere können sie Verfahren entwickeln, die technische Umsetzung planen und darauf basierende Ergebnisse beurteilen. Darüber hinaus können sie sich eigenständig in neue wissenschaftli-

che Entwicklungen ihres Spezialisierungsbereichs einarbeiten und entsprechende Konzepte anderen Fachleuten vermitteln.

### **Überfachliche Qualifikationsziele:**

Die Absolventinnen und Absolventen besitzen fortgeschrittene Analyse-, Problemlöse- und Entscheidungskompetenzen unter Berücksichtigung weitergehender fachlicher und gesellschaftlicher Aspekte und unter Bewertung und Reflexion der Grenzen mathematischer Modelle. Sie besitzen in vertieftem Maße die Fähigkeit, abstrakte Sachverhalte zu analysieren und damit verbundene komplexe Problemstellungen eigenständig, ausdauernd und umfassend zu lösen. Ihnen sind die besonderen Herausforderungen der Umsetzung mathematischer Methoden und Interpretation der Ergebnisse bei der Anwendung auf konkrete technische und gesellschaftliche Fragestellungen vertraut. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, kritisch zu denken und wissenschaftlich zu reflektieren, und können ihre mündliche und schriftliche Kommunikation an ein Zielpublikum anpassen. Sie sind team- und kooperationserfahren und besitzen die Fähigkeit zum Zeitmanagement und zur Selbstorganisation.

### **3. Zulassungsbedingungen**

Qualifizierter Bachelor-Abschluss in Mathematik oder Informatik oder einem natur- oder ingenieurwissenschaftlichem Studiengang mit

- mindestens 30 ECTS-Punkten an Fachwissenschaft Mathematik, darunter mindestens 12 ECTS-Punkte in Analysis und Linearer Algebra,
- Niveau B2 in Englisch.

### **4. Gliederung des Studiengangs**

<b>Modul/ Lehrveranstal- tung</b>	<b>Pflicht/Wahl- pflicht/Wahl</b>	<b>ECTS/ Art der LV</b>	<b>empfohlenes Fachseme- ster/ SWS</b>	<b>Studien-/Prü- fungs- lei- stung</b>
<b>Basics in App- lied Mathema- tics</b>	P	12	1. FS	SL
Basics in App- lied Mathema- tics: Vorlesung	P	V	3	
Basics in App- lied Mathema- tics: Übung	P	Ü	2	SL: Übungen
Basics in App- lied Mathema- tics: Praktische Übung	P	PÜ	1	SL: Computer- übungen
<b>Advanced Lecture in Numerics</b>	WP	11	<b>1. oder 2. FS</b>	<b>PL: mündliche Prüfung</b>

Weiterführende Vorlesung aus der Numerik	P	V+Ü	4+2	SL: Übungen
<b>Advanced Lecture in Stochastics</b>	<b>WP</b>	<b>11</b>	<b>1. oder 2. FS</b>	<b>PL: mündliche Prüfung</b>
Weiterführende Vorlesung aus der Stochastik	P	V+Ü	4+2	SL: Übungen
<b>Electives in Data</b>	<b>WP</b>	<b>30–48</b>	<b>1. bis 3. FS</b>	<b>PL: Klausur, mündliche Prüfung oder mündliche Präsentation</b>
Lehrveranstaltungen aus dem Bereich Data Science	WP	variabel	variabel	SL
<b>Electives</b>	<b>WP</b>	<b>0–18</b>	<b>1. bis 3. FS</b>	<b>SL</b>
Weitere Lehrveranstaltungen innerhalb des M.Sc. Mathematics in Data and Technology oder des M.Sc. Mathematik	WP	variabel	variabel	SL
<b>Mathematical Seminar</b>	<b>P</b>	<b>6</b>	<b>2.–3. FS</b>	<b>PL: mündliche Präsentation</b>
Seminar aus der Mathematik	WP	S	2	SL: regelmäßige Teilnahme
<b>Industrial Placement</b>	<b>WP</b>	<b>9</b>	<b>2.–3. FS</b>	<b>SL</b>
Firmen-/Industriepraktikum	WP	Pr	mind. sechswöchig	SL: Absolvierung des Praktikums mit Zeugnis
<b>Programming Project</b>	<b>WP</b>	<b>9</b>	<b>2.–3. FS</b>	<b>SL</b>
Programmierprojekt	WP	Pr		SL: Erbringung der verlangten Mindestanforderungen

Graduate Student Speaker Series	P	4	2.–4. FS	SL
Seminar zur Präsentation von Masterarbeiten innerhalb des Studiengangs	P	S	2	SL: regelmäßige Teilnahme und Vortrag
<b>Master Thesis</b>	<b>P</b>	<b>30</b>	<b>4. FS</b>	<b>PL: Masterarbeit</b>

## 5. Studienverlaufsplan

Ein beispielhafter Studienverlaufsplan befindet sich auf der Webseite [https://www.math.uni-freiburg.de/nlehre/de/studiengaenge/msc\\_data/](https://www.math.uni-freiburg.de/nlehre/de/studiengaenge/msc_data/)

## 6. Lehr- und Lernformen

Die wesentlichen Veranstaltungsformen sind

- Vorlesungen mit begleitenden, in Tutoraten organisierten Übungen,
- Seminare,
- Computer- und Programmierübungen,
- sowie wahlweise ein Industriepraktikum oder größeres Programmierprojekt.

Für alle diese Lehrveranstaltungsarten gibt es in jedem Semester ein vielfältiges Angebot. Die Gruppengröße liegt für Vorlesungen je nach Niveau und Nachfrage zwischen 5 und 100, für Tutorate zu Übungen und Computerübungen bei maximal 25 und für Seminare bei maximal 15 im Winter- und 13 im Sommersemester. Master-Arbeiten und das Programmierprojekt werden stets individuell betreut.

Die Veranstaltungsart im Bereich der Wahlmodule ist nicht festgelegt, besteht jedoch in der Regel auch aus einer der o. g. Formen.

## 7. Prüfungssystem

Das einführende Pflichtmodul „Basics in Applied Mathematics“ hat einen Umfang von 12 ECTS-Punkten, wobei nur Studienleistungen zu erbringen sind. In den Wahlpflichtmodulen „Advanced Lecture in Numerics“ und „Advanced Lecture in Stochastics“ wird die jeweils gewählte Vorlesung durch ein mündliches Prüfungsgespräch geprüft. Im Mathematical Seminar (6 ECTS-Punkte) besteht die Prüfungsleistung aus der mündlichen Präsentation (Seminarvortrag), dazu kommt die Master-Arbeit (30 ECTS-Punkte) als Prüfungsleistung. Die Prüfungsleistungen innerhalb der Wahlpflichtmodule „Electives in Data“ sind veranstaltungsabhängig, Prüfungen von Vorlesungen erfolgen je nach Vorlesung schriftlich oder in Form eines mündlichen Prüfungsgesprächs. Es stehen ausreichend viele mit Klausuren geprüfte Vorlesungen, mündliche geprüfte Vorlesungen und Seminare zur Wahl, so dass die Studierenden nicht auf eine Prüfungsart festgelegt sind. Zusätzlich zu den Prüfungsleistungen sind in den vorgenannten Modulen in der Regel auch Studienleistungen zu erbringen, etwa in Form der erfolgreichen Bearbeitung von Übungsaufgaben.

Der Umfang der Wahlmodule („Electives“) ist nicht näher spezifiziert; diese schließen ausschließlich mit Studienleistungen ab.

Es gibt keine Zulassungsbedingungen zu den Prüfungen außer zur Master-Arbeit. Anwesenheitspflicht herrscht in den Seminaren, in denen Präsentation und Austausch wesentliche Elemente des Lernerfolgs sind.

Informationen zur Anmeldung von Prüfungen finden sich auf den [Informationsseiten des Prüfungsamts](#).

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Pflichtmodule	07LE23KT-MScD24-P
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
----------------------------	---------

Kommentar
<p>Pflichtmodule im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology sind laut Prüfungsordnung</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Basics in Applied Mathematics,</li><li>■ Mathematical Seminar,</li><li>■ Graduate Student Speaker Series</li></ul> <p>sowie</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ der Bereich Electives in Data,</li><li>■ die Master Thesis.</li></ul> <p>Im nachfolgenden Abschnitt werden lediglich die ersten drei Module genauer beschrieben, den beiden letztgenannten sind eigene Kapitel innerhalb dieses Modulhandbuches gewidmet.</p> <p>Das Modul Basics in Applied Mathematics hat feste Bestandteile und festen Inhalt, als Mathematical Seminar kann dagegen eines der von den Abteilungen für Angewandte Mathematik und der für Mathematische Stochastik im jeweiligen Semester angebotenen (und im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> zu den Lehrveranstaltungen als Mathematical Seminar verwendbar angegebenen) frei gewählt werden.</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Basics in Applied Mathematics	07LE23MO-MScD24-P-Basics
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	12,0
Arbeitsaufwand	ca. 360 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	8,0
Präsenzstudium	ca. 120 Stunden
Selbststudium	ca. 240 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Grundkenntnisse im Rahmen der Zugangsvoraussetzungen des Studiengangs

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Basics in Applied Mathematics: Vorlesung	Vorlesung	Pflicht	4,0		
Basics in Applied Mathematics: Übung	Übung	Pflicht	2,0		
Basics in Applied Mathematics: Praktische Übung (Computerübungen)	Übung	Pflicht	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung, insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus den Bereichen Numerik, Stochastik und Optimierung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> </ul>

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Sie wiederholen und vertiefen ihre grundlegenden Kenntnisse in numerischer Analysis und Optimierung und lernen wichtige Verfahren und Algorithmen hierzu kennen. Ferner erweitern und vertiefen sie ihre Grundkenntnisse in Stochastik, auch auf maßtheoretischer Grundlage.</li><li>■ Sie sind in der Lage, die in der Vorlesung erlernten Techniken und Algorithmen zu implementieren und an praxisrelevanten Beispielen zu erproben.</li></ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Zu erbringende Prüfungsleistung

Keine

Zu erbringende Studienleistung

- |                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bestehen der Übungen,</li><li>■ Bestehen der zugehörigen Praktischen Übung</li><li>■ sowie Bestehen einer 20-30-minütigen mündlichen Prüfung.</li></ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Die genauen Anforderungen für das Bestehen der Übungen und der Praktischen Übung werden jeweils im Wintersemester im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern Mathematik](#) veröffentlicht.

Benotung

unbenotet

Lehrmethoden

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafel- oder Folenvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten,</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur,</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten,</li><li>■ Bearbeitung und Besprechung von Programmieraufgaben innerhalb der Praktischen Übung.</li></ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Verwendbarkeit des Moduls

Pflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Basics in Applied Mathematics	07LE23MO-MScD24-P-Basics
Veranstaltung	
Basics in Applied Mathematics: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-0-Basics

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>In der Vorlesung werden grundlegende Konzepte und Verfahren der Numerik, stochastik und Optimierung vermittelt, die für Fragestellungen der Datenanalyse und Künstlichen Intelligenz von besonderer Relevanz sind. Diese sollen anhand theoretischer sowie praktischer Aufgaben und Beispiele vertieft werden. Damit soll insbesondere auch die Basis für weiterführende Vorlesungen in den drei oben genannten Bereichen gelegt werden. Mögliche Themenschwerpunkte dabei sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Matrix-Faktorisierungen, Konditionierung und Stabilitätsbedingungen, Eliminationsverfahren, polynomiale Interpolation, diskrete Fouriertransformation, numerische Quadraturen, nichtlineare Probleme</li> <li>■ Konvexität und Optimierung, Abstiegsverfahren, (stochastische) Gradientenmethoden</li> <li>■ stochastische Grundlagen, Zufallsvariablen, Momente, Abhängigkeit, bedingte Erwartungen, stochastische Grenzwertsätze, Markov-Ketten, stochastische Algorithmen</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>
Zu erbringende Studienleistung
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>
Literatur
<p>Die Dozenten stellen oft Vorlesungsskripte für die jeweiligen Vorlesungsteile zur Verfügung. Daneben können für die einzelnen Teilbereiche auch folgende Lehrbücher hilfreich sein (die Auswahl ist exemplarisch, es gibt jeweils noch zahlreiche andere Lehrbücher, die ebenso geeignet sind):</p> <p><b>Numerik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerik 3x9 (2. Auflage)</i>, Springer Spektrum, 2023.</li> <li>■ A. Carteroni, R. Sacco, F. Saleri: <i>Numerical Mathematics (Second Edition)</i>, Springer, 2007.</li> </ul> <p><b>Optimierung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ S.J. Wright, B. Recht: <i>Optimization for Data Analysis</i>, Cambridge University Press, 2022.</li> </ul> <p><b>Stochastik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ K. L. Chung, F. AitSahila: <i>Elementary Probability Theory (Fourth Edition)</i>, Springer, 2003.,</li> </ul>

- |                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ■ N. Henze: <i>Stochastik. Eine Einführung mit Grundzügen der Maßtheorie</i> , Springer Spektrum, 2019. |
| ■ A. N. Shiryaev: <i>Probability-1 (Third Edition)</i> , Springer, 2016.                                |

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Keine formale Voraussetzung

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Mathematische Grundkenntnisse im Rahmen der Zugangsvoraussetzungen des M.Sc.-Studiengangs "Mathematics in Data and Technology".

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Basics in Applied Mathematics	07LE23MO-MScD24-P-Basics
Veranstaltung	
Basics in Applied Mathematics: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-Basics

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Basics in Applied Mathematics	07LE23MO-MScD24-P-Basics
Veranstaltung	
Basics in Applied Mathematics: Praktische Übung (Computerübungen)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-Basics

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	1
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Innerhalb der Praktischen Übung werden konkrete Beispiele zu einzelnen Themen der Vorlesung programmiertechnisch am Computer umgesetzt und berechnet. Parallel dazu sollen auch die Kenntnisse der Studierenden in den dazu benutzten Programmen und Programmiersprachen erweitert und vertieft werden. Verwendet werden vornehmlich die Programmiersprachen Python und/oder C/C++, eventuell auch die Programme Matlab und R.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Siehe beim Modul sowie ergänzend auch im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Seminar	07LE23MO-MScD24-P-Seminar
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	ca. 180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 40 Stunden
Selbststudium	ca. 140 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Vergabe eines Seminarplatzes bei den Vorbesprechungen am Ende des Vorsemesters.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> sind semesterweise die wählbaren Seminare und die jeweils vorausgesetzten Vorkenntnisse beschrieben.
Die Seminarplätze und einzelnen Vortragsthemen werden üblicherweise innerhalb der Vorbesprechungen am Ende des Vorsemesters vergeben. Die Vorbesprechungsstermine werden jeweils rechtzeitig vorab im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> zu den Lehrveranstaltungen bekanntgegeben.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

Inhalte
In einem Seminar wird ein vertieftes wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur erarbeitet und dann in Vorträgen präsentiert. Die konkreten Inhalte des Moduls hängen vom gewählten Seminar ab; die Inhalte der wählbaren Seminare sind semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> des Mathematischen Instituts beschrieben.
Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Studierenden können sich in ein wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur selbstständig, aber unter fachlicher Begleitung einarbeiten.</li></ul>

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Studierenden können dieses Thema didaktisch aufbereiten und in freiem Vortrag anschaulich, verständlich und fachlich korrekt vortragen; sie können Fragen zum Vortragsthema beantworten und sich einer kritischen Diskussion stellen.</li><li>■ Die Studierenden können fachliche Fragen zu Vorträgen formulieren und Vorträge konstruktiv-kritisch begleiten.</li></ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Zu erbringende Prüfungsleistung

Gestaltung einer ca. 90-minütigen Seminarsitzung mit Vortrag und Diskussion.

Zu erbringende Studienleistung

Die zu erbringenden Studienleistungen hängen vom gewählten Seminar ab. Die genauen Anforderungen werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Die Note der Prüfung geht (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Gestaltung der Seminarsitzungen durch Studierende (mit Hilfe bei der Vorbereitung durch Dozent/in bzw. Assistent/in) sowie</li><li>■ aktive Beteiligung aller Teilnehmenden durch Fragen und Diskussion.</li></ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Literatur

Literaturangaben für das gewählte Seminar finden Sie im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) des Mathematischen Instituts, weitere werden ggf. in der Vorschreibung des Seminars bekanntgegeben.

Verwendbarkeit des Moduls

Das Modul ist Pflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology.

Die für das Modul gewählten Seminare können auch als „Elective in Data“ und in anderen Mathematik-Studiengängen verwendet werden.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Graduate Student Speaker Series	07LE23MO-MScD24-P-GSSS
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	4,0
Arbeitsaufwand	ca. 120 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 20 Stunden
Selbststudium	ca. 100 Stunden
Mögliche Fachsemester	3;4
Moduldauer	ein Semester (oder länger, abhängig von der Erbringung der SL)
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
In diesem Seminar stellen die fortgeschrittenen Studierenden des Master-Studiengangs das Konzept ihrer Master-Arbeit vor, ergänzend werden weitere Vorträge von Dozentinnen und Dozenten, Doktorandinnen und Doktoranden über aktuelle Forschungsprojekte stattfinden sowie Präsentationen von Studierenden über ihre Programmierprojekte und Industriepraktika. Auch einzelne Vorträge ehemaliger Absolventen über ihre derzeitige Arbeit in der Industrie zur Veranschaulichung der beruflichen Perspektiven des Studiengangs sind möglich.
Die Termine der Graduate Student Speaker Series innerhalb eines Semesters werden auch im <a href="#">Wochenprogramm</a> des Mathematischen instituts bekanntgegeben.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Graduate Student Speaker Series	Seminar	Pflicht	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden können selbst erarbeitete mathematische Ergebnisse didaktisch aufbereiten und in freiem Vortrag einem Fachpublikum verständlich und fachlich korrekt präsentieren.</li> <li>■ Die Studierenden können Fragen zu ihrer Master-Arbeit bzw. ihren Programmierprojekten oder Praktikumstätigkeit beantworten, sich einer kritischen Diskussion stellen und ggf. sinnvolle Fragen zu den Master-Arbeiten von Kommilitonen stellen und deren Präsentationen konstruktiv-kritisch begleiten.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Teilnahme an mindestens 10 Terminen sowie Halten eines Vortrags in Form der Gestaltung einer 90-minütigen Seminarsitzung.
Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Selbständige Gestaltung der Seminarsitzungen durch Studierende sowie</li><li>■ aktive Beteiligung aller Teilnehmenden durch Fragen und Diskussion.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
Das Modul ist Pflichtmodul des Studiengangs M.Sc. Mathematics in Data and Technology und kann nur in diesem verwendet werden.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Graduate Student Speaker Series	07LE23MO-MScD24-P-GSSS
Veranstaltung	
Graduate Student Speaker Series	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	07LE23S-0-GSSS

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3;4
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Da in diesem Seminar Studierende über ihre Master-Arbeiten und Programmierprojekte berichten sollen sowie gelegentlich auch Promovierende und Dozentinnen und Dozenten über ihre Forschungsprojekte, werden die Vortragsthemen ein weites Spektrum aktueller Fragestellungen aus der Numerik, Stochastik und Optimierungstheorie abdecken. In einzelnen Vorträgen von Vertretern aus der Industrie werden zudem Anwendungsmöglichkeiten und deren Umsetzung in der Praxis sowie berufliche Perspektiven nach dem Studium beleuchtet.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Advanced Lecture	07LE23KT-MScD24-AL
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	11,0

Kommentar
Innerhalb des Studiengangs ist eine vierstündige, fortgeschrittene Vorlesung aus den Bereichen Numerik oder Stochastik als „Advanced Lecture“ zu belegen. Dazu kann, abhängig vom persönlichen Interesse und Wahl des thematischen Schwerpunkts innerhalb des Studiengangs,
<ul style="list-style-type: none"><li>■ entweder eine weiterführende Numerik-Vorlesung („Advanced Lecture in Numerics“)</li><li>■ oder eine weiterführende Stochastik-Vorlesung („Advanced Lecture in Stochastics“)</li></ul>
gewählt werden. Die dafür jeweils zur Auswahl stehenden Vorlesungen sowie weitere Informationen sind in den nachfolgenden Modulbeschreibungen zusammengefasst.
Sämtliche als „Advanced Lecture“ wählbaren Vorlesungen sind alternativ auch im Modul „Electives in Data“ verwendbar, jedoch <i>nicht</i> innerhalb des Moduls „Electives“. Umgekehrt sind im Modul „Electives“ anrechenbare Vorlesungen auch nicht als „Advanced Lecture“ verwendbar.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	11,0
Arbeitsaufwand	330 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 240 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	in der Regel ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Innerhalb dieses Moduls ist eine fortgeschrittene vierstündige Vorlesung mit zweistündigen Übungen aus der Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen zu belegen.
Die hierfür als Wahlmöglichkeiten vorgesehenen und regelmäßig von der Abteilung für Angewandte Mathematik angebotenen Vorlesungen sind unten aufgeführt und werden auf den folgenden Seiten genauer beschrieben.
Für die erste Vorlesung „Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations“ werden Kenntnisse aus dem Modul „Basics in Applied Mathematics“ (oder Vorkenntnisse aus anderen einführenden Numerik-Vorlesungen) erwartet, die übrigen drei Vorlesungen bauen jeweils auf der erstgenannten auf, können aber unabhängig voneinander gehört werden.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	
Functional Analysis: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Functional Analysis: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	
Nonlinear Functional Analysis: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Nonlinear Functional Analysis: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik wie z. B. zu Differentialgeometrie, Variationsrechnung und geometrischer Maßtheorie, partiellen Differentialgleichungen und Optimierungstheorie sowie zu den Grundlagen aus der Analysis.</li> </ul>	Weitere Lern- und Qualifikationsziele in Abhängigkeit von der innerhalb des Moduls gewählten Vorlesung:

**Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations:**  
Die Studierenden sind in der Lage, prototypische partielle Differentialgleichungen zu diskretisieren, numerisch zu lösen und den Diskretisierungsfehler abzuschätzen. Sie beherrschen die Untersuchung der Interpolationseigenschaften von Finite-Elemente-Methoden. Kritische Aspekte wie die Konditionierung von Systemmatrizen können von ihnen eingeschätzt und für Modellbeispiele analysiert werden.

**Functional Analysis:**  
Die Studierenden sind mit dem Konzept unendlich-dimensionaler Banach- und Hilberträume räume sowie linearen Abbildungen zwischen diesen sowie den auf diesen Räumen definierten Konvergenzbegriffen (starke, schwache und Schwach-\* Konvergenz) und zugehörigen Topologien vertraut. Ferner kennen sie die Lebesgue-Räume  $p$ -fach integrierbarer Funktionen sowie kompakte, beschränkte und selbstadjungierte Operatoren und sind in der Lage, die abstrakten theoretischen Resultate auf konkrete Fragestellungen anzuwenden.

**Nonlinear Functional Analysis:**

Die Studierenden erweitern ihre Kenntnisse in Funktionalanalysis durch das Studium nicht-linearer Abbildungen zwischen unendlich-dimensionalen Banachräumen, kennen die grundlegenden Fixpunktsätze sowie die Konzepte der Differentiation und Integration in Banachräumen und die Theorie monotoner Operatoren. Sie sind in der Lage, die theoretischen Resultate auf praktische Fragestellungen wie beispielsweise partielle Differentialgleichungen zur Modellierung physikalischer Vorgänge anzuwenden.

**Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods:**

Sie sind in der Lage, a-posteriori-Fehlerabschätzungen für bestimmte lineare partielle Differentialgleichungen herzuleiten, deren Zuverlässigkeit und Effizienz zu untersuchen, darauf basierende adaptive Netzverfeinerungsverfahren zu konstruieren und die Konvergenz adaptiver Verfahren nachzuweisen; sie sind ferner in der Lage, Vorkonditionierungsmatrizen zu entwickeln und diese in iterative Lösungsverfahren zu integrieren und die Qualität von Vorkonditionierern zu untersuchen, sowie Gebietszerlegungsmethoden für Modellprobleme zu entwickeln, zu analysieren und zu implementieren.

**Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems:**

Sie sind in der Lage, Diskretisierungen für Variationsprobleme und nichtlineare partielle Differentialgleichungen zu entwickeln, iterative Lösungsstrategien herzuleiten, die Konvergenz numerischer Approximationen sicherzustellen sowie sinnvolle Regularitätsanforderungen an Lösungen zu formulieren; der geeignete Einsatz von Regularisierungskonzepten zur Auswahl einer eindeutigen Lösung wird für Modellprobleme verstanden.

Zu erbringende Prüfungsleistung

30-minütige mündliche Modulabschlussprüfung in Form eines Prüfungsgesprächs.

Zu erbringende Studienleistung

Die zu erbringende Studienleistung hängt von der Wahl der Veranstaltung ab. Die genauen Anforderungen dafür werden jeweils semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung der Vorlesungen Functional Analysis oder „Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations“ als „Advanced Lecture in Numerics“ ist jeweils auch das Bestehen der zugehörigen Abschlussklausur Teil der Studienleistung.

Benotung

Die Note der Prüfung geht (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 11/95 und höchstens 11/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

Die Lehrmethoden hängen von der gewählten Veranstaltung ab. In der Regel sind dies

- Tafel- oder Folenvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten,
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur,
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten,
- erneute Nachbereitung der Veranstaltung im Gesamtzusammenhang bei der Vorbereitung der mündlichen Prüfung (Selbststudium mit der Möglichkeit, sich mit Fragen an Dozent/in bzw. Assistent/in zu wenden).

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).

Die für das Modul gewählte Veranstaltung kann auch als „Elective in Data“ und in Modulen anderer Mathematik-Studiengänge verwendet werden.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-5-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Modellierung, Klassifizierung von Differentialgleichungen 2. Ordnung, klassische Lösungen der Poisson-Gleichung</li> <li>■ Sobolev-Räume, Sobolevsche Einbettungssätze, Existenz und Regularität schwacher Lösungen</li> <li>■ Finite Elemente, Ritz-Galerkin-Verfahren, Implementierung, Interpolation und Fehlerabschätzung, Randapproximation, Kondition der Steifigkeitsmatrix</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerical Approximation of Partial Differential Equations</i>, Springer 2016.</li> <li>■ D. Braess: <i>Finite Elemente: Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie</i>. Springer 1992.</li> <li>■ S. C. Brenner, L. R. Scott: <i>The mathematical theory of finite element methods</i>. Springer 1995.</li> <li>■ G. Dziuk: <i>Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen</i>. De Gruyter 2010.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I, II sowie Analysis III oder Erweiterung der Analysis.</p> <p>Nützliche Vorkenntnisse: Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis.</p> <p>Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Functional Analysis: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-2-FunkAna

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hilbert-Raum: Projektionssatz, Riesz'scher Darstellungssatz, adjungierte Operatoren, Orthogonalsysteme, kompakte Operatoren, Spektraltheorie, Lemma von Lax-Milgram.</li> <li>■ Banach-Raum: Dualraum, Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Satz von Hahn-Banach, schwache Konvergenz, Reflexivität, adjungierte Operatoren, kompakte Operatoren, Fredholm'sche Alternative.</li> <li>■ Metrische Räume, Funktionenräume, Dualitätstheorie, Lebesgue- und Sobolev-Räume.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H.W. Alt: <i>Lineare Funktionalanalysis</i>. 6. Auflage, Springer 2012.</li> <li>■ H. Brézis: <i>Functional analysis, Sobolev spaces and partial differential equations</i>. Universitext, Springer, New York 2011 (Französisches Original: H. Brézis: <i>Analyse Fonctionnelle</i>. Masson, 1987).</li> <li>■ D. Werner: <i>Funktionalanalysis</i> (8. Auflage), Springer Spektrum, 2018.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I+II, Analysis I–III          Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Functional Analysis: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-2-FunkAna

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
<b>Veranstaltung</b>	
Nonlinear Functional Analysis: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-2-FunkAna2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fixpunktsätze von Banach, Brouwer und Schauder</li> <li>■ Bochner-Integrale und Differentiation von banachraumwertigen Funktionen</li> <li>■ monotone, pseudomonotone und maximal monotone Operatoren</li> <li>■ Abbildungsgrade von Brouwer und Leray-Schauder</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M. Ruzicka: <i>Nichtlineare Funktionalanalysis</i> (2. Auflage), Springer Masterclass, 2020.</li> <li>■ E. Zeidler: <i>Nonlinear Functional Analysis and its Applications I-III</i>, Springer, 1985–1990.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Funktionalanalysis      Nützliche Vorkenntnisse: Partielle Differentialgleichungen      Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Nonlinear Functional Analysis: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-2-FunkAna2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
<b>Veranstaltung</b>	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-5-PDE2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ A-posteriori Fehlerabschätzungen, Adaptivität, Vorkonditionierung, Mehrgitterverfahren</li> <li>■ Effizienz und Zuverlässigkeit, Konvergenztheorien, Entwicklung adaptiver Verfeinerungsmethoden</li> <li>■ Konstruktion von Vorkonditionierern, Methode der konjugierten Gradienten, Konvergenz von Mehrgitterzyklen und überlappender sowie nicht-überlappender Gebietszerlegungsmethode</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerical Approximation of Partial Differential Equations</i>, Springer, 2016</li> <li>■ H. Elman, D.J. Silvester, A.J. Wathen: <i>Finite elements and fast iterative solvers</i>, Oxford University Press, 2014.</li> <li>■ W. Hackbusch: <i>Iterative solution of large sparse systems of equations</i>, Springer, 1994.</li> <li>■ R. Verfürth: <i>A posteriori error estimation techniques for finite element methods</i>, Oxford University Press 2013.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Einführung in Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen Nützliche Vorkenntnisse: Funktionalanalysis, partielle Differentialgleichungen Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-PDE2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
<b>Veranstaltung</b>	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-5-PDE1

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

<b>Inhalte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Variationsungleichungen, Phasenfeldmodelle, harmonische Abbildungen, Totalvariations-regularisierte Probleme</li> <li>■ Existenztheorien, Variationsrechnung, Eigenschaften von Lösungen</li> <li>■ Finite-Elemente-Diskretisierungen, iterative Lösungsverfahren, Fehlerabschätzungen</li> </ul>
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerical Methods for Nonlinear Partial Differential Equations</i>, Springer, 2015</li> <li>■ H. Attouch, G. Buttazzo, G. Michaille: <i>Variational Analysis in Sobolev and BV Spaces</i>, SIAM 2014.</li> <li>■ L.C. Evans: <i>Partial Differential Equations (Second edition)</i>, AMS, 2022.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
<b>Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung</b>
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Einführung in Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen oder Einführung in partielle Differentialgleichungen</p> <p>Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Numerics	07LE23MO-MScD24-AL-Num
Veranstaltung	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-PDE1

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	11,0
Arbeitsaufwand	330 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 240 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	in der Regel ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Innerhalb dieses Moduls ist eine fortgeschrittene vierstündige Vorlesung mit zweistündigen Übungen aus der Wahrscheinlichkeitstheorie oder Mathematischen Statistik zu belegen.
Die hierfür als Wahlmöglichkeiten vorgesehenen und regelmäßig von der Abteilung für Mathematische Stochastik angebotenen Vorlesungen werden auf den folgenden Seiten genauer beschrieben.
Für die Vorlesungen Probability Theory und Machine Learning from the Perspective of Probability Theory werden Grundkenntnisse in Stochastik und Maßtheorie erwartet, für die Mathematical Statistics sollte darüber hinaus das allgemeine Konzept bedingter Wahrscheinlichkeiten und Erwartungen bekannt sein und für Probability Theory II zusätzlich noch stochastische Konvergenzarten. Nützlich hierfür ist der vorherige Besuch der Vorlesungen Probability Theory oder Measure Theory. Die Vorlesung Probability Theory III baut auf Probability Theory II auf.

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Probabilistic Machine Learning: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Probabilistic Machine Learning: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			
Mathematical Statistics: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Mathematical Statistics: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			
Probability Theory I: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Probability Theory I: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			
Probability Theory II: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Probability Theory II: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			
Probability Theory III: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Probability Theory III: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls						
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte einer weiterführenden Vorlesung aus dem Bereich der Wahrscheinlichkeitstheorie, der mathematischen Statistik oder dem maschinellen Lernen. Sie sind mit den darin vermittelten Konzepten und Begriffen, Problemstellungen und Beweistechniken vertraut.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der gewählten Vorlesung analysieren und typische Aufgaben selbstständig lösen; sie können die in der Vorlesung vorkommenden Definitionen, Sätze Beweise und Methoden verstehen, nachvollziehen, erklären und anwenden; sie können eigenständig präzise Sachverhalte beweisen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und ihre Ergebnisse mündlich wie schriftlich korrekt und nachvollziehbar darlegen.</li> <li>■ Sie sind mit grundlegenden stochastischen Modellen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Fragestellungen auf maßtheoretischer Grundlage vertraut, kennen Herleitungen der klassischen Grenzwertsägen in der Wahrscheinlichkeitstheorie und können mit den Grundbegriffen der Wahrscheinlichkeitstheorie umgehen. Damit können sie auch verschiedene darauf basierende Anwendungen verstehen und deren Umsetzung darstellen.</li> </ul>						
<p>Weitere Lern- und Qualifikationsziele in Abhängigkeit von der innerhalb des Moduls gewählten Vorlesung:</p>						
<p><b>Machine Learning from the Perspective of Probability Theory:</b>          Die Studierenden sind mit grundlegenden Modellen des maschinellen Lernens und deren Eigenschaften sowohl von theoretischer Seite als auch von praktischer Seite her vertraut, kennen die wichtigsten Theoreme wie etwa die universellen Approximationssätze und deren Beweise. Mit Hilfe der erlernten Konzepte können sie typische Fragestellungen aus dem Bereich des maschinellen Lernens analysieren, Vermutungen überprüfen, Lösungsstrategien entwickeln und implementieren.</p>						
<p><b>Mathematical Statistics:</b>          Die Studierenden sind mit der grundlegenden Formulierung statistischer Fragestellungen als Entscheidungsprobleme vertraut. Sie kennen deren wichtigste Eigenschaften und sind in der Lage, verschiedenen Entscheidungsverfahren wie Tests oder Schätzer anhand belannter Gütekriterien miteinander zu vergleichen. Sie kennen ferner wichtige Ordnungsprinzipien zur Reduktion der Komplexität der Modelle und können ihr Wissen zur Lösung realer, praktischer Probleme anwenden.</p>						
<p><b>Probability Theory:</b>          Sie sind mit grundlegenden stochastischen Modellen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Fragestellungen auf maßtheoretischer Grundlage vertraut, kennen Herleitungen der klassischen Grenzwert-aussagen in der Wahrscheinlichkeitstheorie und können mit den Grundbegriffen der Wahrscheinlichkeitstheorie umgehen.</p>						
<p><b>Probability Theory II:</b></p>						

Die Studierenden sind vertraut mit den wahrscheinlichkeitstheoretischen Konzepten zeitdiskreter sowie zeitstetiger stochastischer Prozesse sowie Stoppzeiten und kennen die zentralen Aussagen über diese. Sie sind insbesondere vertraut mit der Brownschen Bewegung und deren wichtigsten Eigenschaften und können reale Phänomene adäquat durch geeignete stochastische Prozesse modellieren.

**Probability Theory III:**

Die Studierenden sind mit Konstruktion und Umgang stochastischer Integrale und Semimartingale sowie Lösungen stochastischer Differentialgleichungen vertraut und kennen deren wichtigste Eigenschaften. Sie sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf Fragestellungen aus verschiedenen Anwendungsbereichen wie etwa der Finanzmathematik, chemischen Reaktionsnetzwerken und Populationsgenetik oder fortgeschrittene statistische Probleme anzuwenden.

Zu erbringende Prüfungsleistung

30-minütige mündliche Modulabschlussprüfung in Form eines Prüfungsgesprächs.

Zu erbringende Studienleistung

Die zu erbringende Studienleistung hängt von der Wahl der Veranstaltung ab. Die genauen Anforderungen dafür werden jeweils semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung der Vorlesung Probability Theory als „Advanced Lecture in Stochastics“ ist das Bestehen der zugehörigen Abschlussklausur Teil der Studienleistung.

Benotung

Die Note der Prüfung geht (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 11/95 und höchstens 11/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

Die Lehrmethoden hängen von der gewählten Veranstaltung ab. In der Regel sind dies

- Tafel- oder Folenvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten,
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur,
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten,
- erneute Nachbereitung der Veranstaltung im Gesamtzusammenhang bei der Vorbereitung der mündlichen Prüfung (Selbststudium mit der Möglichkeit, sich mit Fragen an Dozent/in bzw. Assistent/in zu wenden).

Verwendbarkeit des Moduls

Wahlpflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).

Die für das Modul gewählte Veranstaltung kann auch als „Elective in Data“ und in Modulen anderer Mathematik-Studiengänge verwendet werden.



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probabilistic Machine Learning: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-6-MLStoch
ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
Inhalte	
Neuronale Netzwerke, Optimierungsverfahren, Universelle Approximationssätze, Statistisches Lernen, Random Forests, Markovketten und Reinforcement-Learning	
Zu erbringende Prüfungsleistung	
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .	
Zu erbringende Studienleistung	
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .	
Literatur	
<ul style="list-style-type: none"><li>■ F. Chollet: <i>Deep Learning with Python (Second Edition)</i>, Manning Publications, 2021.</li><li>■ T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: <i>The Elements of Statistical Learning</i>, Springer, 2009.</li><li>■ K. P. Murphy. <i>Probabilistic Machine Learning</i>, MIT Press, 2022.</li><li>■ M. V. Wüthrich, M. Merz. <i>Statistical Foundations of Actuarial Learning and its Applications</i>, Springer Cham, 2023.</li></ul>	
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung	
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!	
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung	
Grundkenntnisse in Stochastik, z.B. im Umfang der Vorlesungen Stochastik I oder Basics in Applied Mathematics Grundkenntnisse in Python oder die Bereitschaft, diese zu erlernen. Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !	

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probabilistic Machine Learning: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-MLStoch

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
<b>Veranstaltung</b>	
Mathematical Statistics: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-6-Statistik
ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
<b>Inhalte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Statistische Entscheidungstheorie: Formulierung statistische Fragestellungen als Entscheidungsprobleme, (randomisierte) Entscheidungsfunktionen, Optimalitätskriterien und deren Anwendung auf Schätz- und Testprobleme, Bayes-Schätzer und -Tests</li> <li>■ Suffizienz, Vollständigkeit und Verteilungsfreiheit sowie Anwendungen in nichtparametrischer Statistik und Schätztheorie (exponentielle Familien, UMVU-Schätzer, lineare Modelle, asymptotische Eigenschaften von Maximum-Likelihood-Schätzern)</li> <li>■ Grundlegende Begriffe der Testtheorie: Existenz und Konstruktion optimaler Tests, unverfälschte, ähnliche, bedingte und invariante Tests mit Anwendungsbeispielen</li> </ul>	
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>	
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .	
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>	
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .	
<b>Literatur</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ C. Czado, T. Schmidt: <i>Mathematische Statistik</i>, Springer, 2011.</li> <li>■ R.V. Hogg, J.W. McKean, A.T. Craig: <i>Introduction to Mathematical Statistics (Eight Edition)</i>, Pearson, 2019.</li> <li>■ E.L. Lehmann, G. Casella: <i>Theory of Point Estimation (Second Edition)</i>, Springer, 1998.</li> <li>■ E.L. Lehmann, J.P. Romano: <i>Testing Statistical Hypotheses (Fourth Edition)</i>, Springer, 2022.</li> <li>■ L. Rüschenhoff: <i>Mathematische Statistik</i>, Springer, 2014.</li> <li>■ M.J. Shervish: <i>Theory of Statistics</i>, Springer, 1995.</li> <li>■ J. Shao: <i>Mathematical Statistics</i>, Springer, 2003.</li> <li>■ H. Witting: <i>Mathematische Statistik</i>. Teubner 1985.</li> </ul>	
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>	
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!	

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory

Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!](#)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Mathematical Statistics: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-Statistik

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probability Theory I: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-6-WT

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Allgemeine Wahrscheinlichkeitsräume und -Maße, Produkträume, Zufallsvariable, 0-1-Gesetze, Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz, schwache Konvergenz, charakteristische Funktionen, bedingte Erwartungen, optional ferner Martingale in diskreter Zeit und Martingalkonvergenzsätze.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ O. Kallenberg: <i>Foundations of Modern Probability (Third Edition, Vol. 1)</i>, Springer, 2021.</li> <li>■ A. Klenke: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie (4. Auflage)</i>, Springer, 2020.</li> <li>■ L. Rüschendorf: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie</i>, Springer Spektrum, 2016.</li> <li>■ A.N. Shiryaev: <i>Probability-1 (Third Edition)</i>, Springer, 2016.</li> <li>■ A.N. Shiryaev: <i>Probability-2 (Third Edition)</i>, Springer, 2019.</li> <li>■ D. Williams: <i>Probability with Martingales</i>, Cambridge University Press, 1991.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundvorlesungen in Analysis und Lineare Algebra</li> <li>■ Analysis III oder Measure Theory</li> <li>■ Stochastik I oder Basics in Applied Mathematics</li> </ul> <p>Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!</a></p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probability Theory I: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-WT

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls	
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto	
Veranstaltung		
Probability Theory II: Vorlesung		
Veranstaltungsart	Nummer	
Vorlesung	07LE23V-6-WT2	
ECTS-Punkte		
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0	
Mögliche Fachsemester		
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht	
Lehrsprache	englisch	
Inhalte		
Filtrationen und Stoppzeiten, Martingale und Martingalkonvergenzsätze in diskreter und stetiger Zeit, Markov-Prozesse, Ergodentheorie, Eigenschaften und Pfadeigenschaften der Brownschen Bewegung, Konvergenz stochastischer Prozesse, Sätze von Donsker und Skorokhod		
Zu erbringende Prüfungsleistung		
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .		
Zu erbringende Studienleistung		
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .		
Literatur		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J. Jacod, A.N. Shiryaev: <i>Limit Theorems for Stochastic Processes (Second Edition)</i>, Springer, 2003.</li> <li>■ O. Kallenberg: <i>Foundations of Modern Probability (Third Edition, Vol. 1 und 2)</i>, Springer, 2021.</li> <li>■ A. Klenke: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie (4. Auflage)</i>, Springer, 2020.</li> <li>■ L. Rüschendorf: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie</i>, Springer Spektrum, 2016.</li> <li>■ A.N. Shiryaev: <i>Probability-2 (Third Edition)</i>, Springer, 2019.</li> <li>■ D. Williams: <i>Probability with Martingales</i>, Cambridge University Press, 1991.</li> </ul>		
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung		
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!		
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung		
Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!</a>		

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probability Theory II: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-WT2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
<b>Veranstaltung</b>	
Probability Theory III: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-6-WT3
ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch
<b>Inhalte</b>	
<p>Konstruktion des stochastischen Integrals bezüglich (lokaler) Martingale und Semimartingale und daraus abgeleitete Rechenregeln, quadratische Variation und Ito-Formel, Lokalzeiten, stochastische Differentialgleichungen und stochastische Exponentiale, Girsanov-Theoreme, Martingal-Probleme, Darstellungssätze lokaler Martingale.</p> <p>Weitere möglichen Themen können, je nach Arbeitsgebiet und Schwerpunktsetzung der Dozentin/des Dozenten, sein: Diffusionen sowie Lösungskonzepte für starke und schwache Lösungen stochastischer Differentialgleichungen, Feller-Prozesse, allgemeine Semimartingale, Grundlagen der Finanzmathematik und Fundamentalsätze des Asset Pricing sowie (Super)Hedging, Anwendungen stochastischer Prozesse in der Biologie und Populationsgenetik.</p>	
<b>Zu erbringende Prüfungsleistung</b>	
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>	
<b>Zu erbringende Studienleistung</b>	
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>	
<b>Literatur</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ F. Delbaen, W. Schachermayer: <i>The Mathematics of Arbitrage</i>, Springer, 2006.</li> <li>■ E. Eberlein, J. Kallsen: <i>Mathematical Finance</i>, Springer, 2019.</li> <li>■ J. Jacod, A.N. Shiryaev: <i>Limit Theorems for Stochastic Processes (Second Edition)</i>, Springer, 2003.</li> <li>■ O. Kallenberg: <i>Foundations of Modern Probability (Third Edition, Vol. 1 und 2)</i>, Springer, 2021.</li> <li>■ I. Karatzas, S.E. Shreve: <i>Brownian Motion and Stochastic Calculus (Second Edition)</i>, Springer, 1998.</li> <li>■ A. Klenke: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie (4. Auflage)</i>, Springer, 2020.</li> <li>■ P. Protter: <i>Stochastic Integration and Differential Equations (Second Edition, Version 2.1)</i>, Springer, 2005.</li> <li>■ L. Rüschendorf: <i>Stochastic Processes and Financial Mathematics</i>, Springer, 2023.</li> </ul>	
<b>Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung</b>	
<p>Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!</p>	

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory II

Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!](#)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Advanced Lecture in Stochastics	07LE23MO-MScD24-AL-Sto
Veranstaltung	
Probability Theory III: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-WT3

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Praxismodule	07LE23KT-MScD24-Px
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	9,0

Kommentar
Innerhalb des Studiengangs M.Sc. Mathematics in Data and Technology ist auch ein sog. Praxismodul zu absolvieren, mit dem die Anwendungsnähe betont und vertieft werden soll. Hierzu kann wahlweise entweder ein mehrwöchiges Industriepraktikum durchgeführt oder ein größeres Programmierprojekt bearbeitet werden.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Industrial Placement	07LE23MO-MScD24-Px-IP
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	ca. 270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	mindestens sechs Wochen (Praktikumsdauer)
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Innerhalb dieses Moduls absolvieren die Studierenden ein studiengangsspezifisches Praktikum bei einem Industrie- oder Wirtschaftsunternehmen oder einer Forschungseinrichtung. Die Auswahl von letzteren erfolgt in Absprache mit dem Modulverantwortlichen.  Insofern ist eine rechtzeitige vorherige Abstimmung mit diesem sowie die Beachtung möglicher Bewerbungsfristen sowie sonstiger Anforderungen seitens der Praktikumsplätze vergebenden Unternehmen/Forschungseinrichtungen notwendig.  Das Mathematische Institut kann, sofern geeignete Unternehmenskontakte vorliegen, an einem Praktikum interessierte Studierende bei der Bewerbung auf einen Praktikumsplatz u. U. unterstützen, grundsätzlich liegen die Auswahl möglicher Praktikumsangebote sowie der Bewerbungsprozess für diese in der Eigenverantwortlichkeit der Studierenden.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden können sich selbstständig auf eine ihren Fähigkeiten und Interessen entsprechende Praktikumsstelle bewerben und entwickeln ihre Teamfähigkeiten weiter.</li> <li>■ Sie gewinnen Einblicke in einen später möglichen Berufsalltag und lernen, ihr zuvor erworbenes theoretisches Wissens in der Praxis anzuwenden. Dabei erkennen sie auch, welche Themen und Methoden aktuell aus Anwendersicht bzw. für aktuelle Forschungsprojekte relevant sind, und erhalten Anregungen für die weitere Planung ihres Studiums sowie für ihre Abschlussarbeit.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Erfolgreiche Absolvierung eines mindestens sechswöchigen Industriepraktikums sowie anschließende Vorlage des entsprechenden Praktikumszeugnisses der jeweiligen Einrichtung und Erstellung eines aussagekräftigen Praktikumsberichts (Umfang 5-10 Seiten exklusive Titelseite).
Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
Firmenspezifisch, abhängig von dem für das Praktikum ausgewählten Unternehmen bzw. der Forschungseinrichtung.
Verwendbarkeit des Moduls
Wahlpflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Programming Project	07LE23MO-MScD24-Px-PP
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	ca. 270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Innerhalb dieses Moduls führen die Studierenden ein Programmierprojekt anhand eines konkreten, mit der jeweiligen Betreuerin/dem jeweiligen Betreuer zuvor vereinbarten Fallbeispiels durch.  Dazu sind neben der vorherigen Abstimmung mit der Betreuerin/dem Betreuer entsprechend fundierte Kenntnisse einer Programmiersprache bzw. einer Programmierumgebung notwendig.  Als Betreuerinnen/Betreuer stehen potentiell alle Professorinnen und Professoren der Abteilungen für Angewandte Mathematik und für Mathematische Stochastik zur Verfügung, in Absprache mit dem Modulverantwortlichen können dazu jedoch auch weitere Professorinnen/Professoren oder Dozentinnen/Dozenten innerhalb des Mathematischen Instituts oder aus anderen Fakultäten fungieren. Eine Zuweisung von Betreuenden und/oder Projektthemen seitens des Mathematischen Instituts findet nicht statt. Studierende, die ein Programmierprojekt bearbeiten möchten, sollten direkt in Kontakt mit möglichen Betreuerinnen/Betreuer treten und sich nach geeigneten Angeboten erkundigen.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden lernen, ein umfangreicheres Projekt strukturiert anzugehen, die zur Erreichung des Gesamtziels notwendigen Aufgaben und Teilschritte zu identifizieren, festzulegen und systematisch abzuarbeiten.</li> <li>■ Neben tieferen Einblicken in gängige Programmietechniken lernen sie zudem, ihren Code gut wart- und erweiterbar zu gestalten, ihn zu optimieren sowie gut verständlich für andere zu dokumentieren.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Keine

Zu erbringende Studienleistung
Erfolgreiche Absolvierung des Programmierprojekts. Dazu zählen neben der Abgabe des jeweiligen Codes auch eine ausführlichere Dokumentation desselben (Kommentarzeilen im Code sowie eine Auflistung der entwickelten Programme mit Funktionsbeschreibung sowie der Bedeutung ihrer jeweiligen Argumente).
Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
Begleitete Einarbeitung in ein größeres Projekt sowie eigenständige Programmierung und Codedokumentation.
Verwendbarkeit des Moduls
Wahlpflichtmodul im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives in Data	07LE23KT-MScD24-ED
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
ECTS-Punkte	48,0

Kommentar
Innerhalb der Module „Electives in Data“ sowie „Electives“ sind Lehrveranstaltungen im Umfang von 48 ECTS zu belegen, wobei davon mindestens 30 ECTS innerhalb von „Electives in Data“ erworben werden müssen. Es können auch sämtliche 48 ECTS in „Electives in Data“ erworben und das Modul „Electives“ leer gelassen werden.
Als „Electives in Data“ wählbare Lehrveranstaltungen sind grundsätzlich <i>nicht</i> in Modul „Electives“ verwendbar, genauso können im Modul „Electives“ anrechenbare Lehrveranstaltungen <i>nicht</i> als „Electives in Data“ verwendet werden.
Als „Electives in Data“ verwendbare Lehrveranstaltungen können fortgeschrittenere zwei- oder vierstündige Vorlesungen mit Übungen und evtl. zusätzlichen Programmierprojekten sowie Seminare aus den Bereichen Angewandte Mathematik und Mathematische Stochastik sein, aber ebenso auch geeignete Lehrveranstaltungen anderer Institute (insbesondere Wirtschaftswissenschaften und Physik) bzw. Fakultäten (vornehmlich der Technischen Fakultät und der Fakultät für Biologie).
Für Lehrveranstaltungen des Mathematischen Instituts, die als „Electives in Data“ gewählt werden können, werden die Anforderungen für die zu erbringende Studienleistung jeweils semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht. Die Anforderungen zu Studien- und Prüfungsleistungen für Lehrveranstaltungen der Technischen Fakultät, die als „Electives in Data“ gewählt werden können, sind im <a href="#">Modulhandbuch des M.Sc. Informatik/Computer Science</a> jeweils genauer beschrieben. Zu Lehrveranstaltungen des Instituts für Wirtschaftswissenschaften, die als „Electives in Data“ gewählt werden können, sind nur Prüfungsleistungen zu erbringen; bei Vorlesungen sind dies typischerweise Klausuren, deren Dauer in den Modulhandbüchern des <a href="#">M.Sc. Volkswirtschaftslehre</a> oder alternativ auch des <a href="#">M.Sc. Economics</a> genauer spezifiziert wird.
Nachfolgend werden, nach Fakultäten bzw. Instituten geodnet, lediglich die typischen, regelmäßiger angebotenen Lehrveranstaltungen beschrieben, die innerhalb dieses Moduls belegt werden können. In jedem Semester kann es darüber hinaus auch weitere geben, die als „Electives in Data“ anrechenbar sind, daher sollte stets auch ein Blick in die <a href="#">Veranstaltungsverzeichnis</a> jedes Semesters geworfen werden, in der die möglichen Verwendbarkeiten jeder Veranstaltung explizit angegeben sind. Durch Anklicken der Schaltflächen <i>Courses for M.Sc. Mathematics in Data and Technology</i> sowie <i>Elective in Data</i> oben auf den Webseiten lassen sich alle innerhalb eines Semesters angebotenen und als „Electives in Data“ verwendbaren Lehrveranstaltungen anzeigen.

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives in Data: Vorlesungen der Mathematik	07LE23KT-MScD24-ED-V
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
----------------------------	-------------

Kommentar
Innerhalb dieses Bereiches werden Lehrveranstaltungen des Mathematischen Instituts aufgeführt, die als „Electives in Data“ belegt werden können und typischerweise regelmäßiger angeboten werden.
Dabei gilt grundsätzlich, dass alle als „Advanced Lecture in Numerics“ bzw. „Advanced Lecture in Stochastics“ wählbaren Vorlesungen auch als „Electives in Data“ belegt werden können. Da diese bereits zuvor ausführlicher beschrieben wurden, werden sie hier nicht erneut aufgelistet, mit Ausnahme der Vorlesungen Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations, Functional Analysis und Probability Theory, da für diese bei der Verwendung als „Electives in Data“ andere Anforderungen an die Studien- und Prüfungsleistungen gelten und sich dadurch auch die Anzahl der zu erwerbenden ECTS-Punkte ändert.
Ebenso sind alle als „Mathematical Seminar“ wählbaren Seminare alternativ auch als „Electives in Data“ belegbar.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning	07LE23MO-MScD24-ED6- AlgAspDAML
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung.
Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen, die sie dadurch vertiefen.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning	07LE23MO-MScD24-ED6-AlgAspDAML
Veranstaltung	
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-5-AlgAspDAML

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<p>Die Vorlesung behandelt algorithmische Aspekte bei der praktischen Umsetzung mathematischer Methoden in den Bereichen Big Data Analytics und maschinellem Lernen. Sie gliedert sich in drei Teile, die jeweils die folgenden Themen behandeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ recommendation systems, clustering methods sowie sparse recovery techniques,</li> <li>■ Aufbau, Approximationseigenschaften und Training neuronaler Netze,</li> <li>■ Konvergenzresultate für schnelle Gradientenmethoden bei nicht glatten Problemen</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>
Zu erbringende Studienleistung
<p>Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>
Literatur
<p>S.-A. Wegner: <i>Mathematische Einführung in Data Science</i>, Springer Spektrum, 2023.</p>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
<p>Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!</p>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Numerik I+II oder Basics in Applied Mathematics      Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning	07LE23MO-MScD24-ED6-AlgAspDAML
Veranstaltung	
Algorithmic Aspects of Data Analytics and Machine Learning: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-AlgAspDAML

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analysis III	07LE23MO-MScD24-ED9-Ana3
Verantwortliche/r	
PD Dr. Markus Junker	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I und II, Lineare Algebra I Nützliche Vorkenntnisse: Lineare Algebra II

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Analysis III: Vorlesung	Vorlesung		4,0		
Analysis III: Übung	Übung		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren. Sie verstehen die Problematik des naiven Volumenbegriffs und deren Lösung im Rahmen der Maßtheorie und kennen den Zusammenhang zwischen Maß- und Integrationstheorie.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der höherdimensionalen Integration mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen. Sie können insbesondere mittels der Transformationsformel und des Satzes von Fubini explizite Volumenberechnungen durchführen, auch für Untermannigfaltigkeiten.</li> </ul>

- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere die Verallgemeinerung und Anwendung bereits bekannter Konzepte aus der Analysis. Sie entdecken die höherdimensionale Integration als eine Verallgemeinerung des eindimensionalen Falls, vertiefen dadurch das Verständnis von Analysis I und II und erkennen den Sinn einer allgemeinen Herangehensweise an eine Fragestellung.
- Sie nutzen im Laufe ihres Studiums Funktionen und analytische Methoden zur Bearbeitung von Problemen verschiedener mathematischer Gebiete, insbesondere zur Modellierung realer Phänomene.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (Dauer 60-180 Minuten)

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen zu Analysis III: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

#### Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/(N-1) in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik ist das Modul unbenotet.
- Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 9/95 und höchstens 9/77 in die Gesamtnote ein.

#### Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten;
- erneute Nachbereitung der Veranstaltung im Gesamtzusammenhang bei der Vorbereitung der mündlichen Prüfung (Selbststudium mit der Möglichkeit, sich mit Fragen an Dozent/in bzw. Assistent/in zu wenden)

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Pflichtmodul im B.Sc. Mathematik (PO 2021)
- mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul im Optionsbereich des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021)
- mit mündlicher Prüfung statt Klausur: mögliche Wahl für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018)
- mit mündlicher Prüfung statt Klausur: mögliche Wahl für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2018)
- mit Klausur als Prüfungsleistung wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analysis III	07LE23MO-MScD24-ED9-Ana3
Veranstaltung	
Analysis III: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-0-Ana3

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Grundlagen der Maßtheorie: Maße, Fortsetzungssatz, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze, Satz von Fubini; Integration im $\mathbf{R}^n$ : Lebesgue-Maß, Transformationssatz, Untermannigfaltigkeiten und Oberflächenintegrale, Satz von Gauß.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H. Bauer: <i>Maß- und Integrationstheorie</i> (2. Auflage), de Gruyter, 1992.</li> <li>■ J. Elstrodt: <i>Maß- und Integrationstheorie</i> (8. Auflage). Springer Spektrum, 2018.</li> <li>■ O. Forster: <i>Analysis 3</i> (8. Auflage), Springer Spektrum, 2017.</li> <li>■ H. Amann, J. Escher: <i>Analysis III</i>. Birkhäuser 2001.</li> <li>■ W. H. Fleming: <i>Functions of several variables</i>. Springer 1977.</li> <li>■ H.W. Alt: <i>Lineare Funktionalanalysis</i>. Springer 2002 (hierin die Kapitel über die Lebesgue-Räume).</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I und II, Lineare Algebra I

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Analysis III	07LE23MO-MScD24-ED9-Ana3
Veranstaltung	
Analysis III: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-0-Ana3

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED11-PDE0
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	11,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I, II sowie Analysis III oder Erweiterung der Analysis Nützliche Vorkenntnisse: Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis Siehe ergänzend hierzu auch das jeweils aktuelle <a href="#">Kommentierte Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0		
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> </ul>

- Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.
- Sie sind in der Lage, prototypische partielle Differentialgleichungen zu diskretisieren, numerisch zu lösen und den Diskretisierungsfehler abzuschätzen. Sie beherrschen die Untersuchung der Interpolationseigenschaften von Finite-Elemente-Methoden. Kritische Aspekte wie die Konditionierung von Systemmatrizen können von ihnen eingeschätzt und für Modellbeispiele analysiert werden
- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung als Wahlmodul: zusätzlich Bestehen der Klausur.

Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit  $9/(N-1)$  in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit  $9/N$  in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik ist das Modul unbenotet.
- Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 9/95 und höchstens 9/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Studiengangsschwerpunkte

Numerik

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“.
- Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für die Module „Angewandte Mathematik“, „Mathematik“ und das Vertiefungsmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED11-PDE0
<b>Veranstaltung</b>	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-5-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Modellierung, Klassifizierung von Differentialgleichungen 2. Ordnung, klassische Lösungen der Poisson-Gleichung</li> <li>■ Sobolev-Räume, Sobolevsche Einbettungssätze, Existenz und Regularität schwacher Lösungen</li> <li>■ Finite Elemente, Ritz-Galerkin-Verfahren, Implementierung, Interpolation und Fehlerabschätzung, Randapproximation, Kondition der Steifigkeitsmatrix</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerical Approximation of Partial Differential Equations</i>, Springer 2016.</li> <li>■ D. Braess: <i>Finite Elemente: Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie</i>. Springer 1992.</li> <li>■ S. C. Brenner, L. R. Scott: <i>The mathematical theory of finite element methods</i>. Springer 1995.</li> <li>■ G. Dziuk: <i>Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen</i>. De Gruyter 2010.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I, II sowie Analysis III oder Erweiterung der Analysis. Nützliche Vorkenntnisse: Numerik für Differentialgleichungen, Funktionalanalysis. Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED11-PDE0
Veranstaltung	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Functional Analysis	07LE23MO-MScD24-ED9-FunkAna
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Michael Růžička	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I–III Siehe ergänzend hierzu auch das jeweils aktuelle <a href="#">Kommentierte Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Functional Analysis: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0		
Functional Analysis: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren – insbesondere unendlich-dimensionale Banach-Räume, Abbildungen dazwischen und Konvergenzbegriffe darauf.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Funktionalanalysis und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Funktionalanalysis mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> </ul>

- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (Dauer 60-180 Minuten)

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung als Wahlmodul: zusätzlich Bestehen der Klausur.

#### Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit  $9/(N-1)$  in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit  $9/N$  in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik ist das Modul unbenotet.
- Im M.Sc.-Studiengang Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Modulnote bei Verwendung als „Elective in Data“ (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 9/95 und höchstens 9/77 in die Gesamtnote ein.

#### Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

#### Studiengangsschwerpunkte

Analysis, Angewandte Analysis und Numerik

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt im Sinne der Prüfungsordnung zur Reinen Mathematik.
- Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) oder im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für die Module „Reine Mathematik“ und „Angewandte Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) verwendbar als „Elective in Data“ (mit Klausur als Prüfungsleistung).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Functional Analysis	07LE23MO-MScD24-ED9-FunkAna
Veranstaltung	
Functional Analysis: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-2-FunkAna

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hilbert-Raum: Projektionssatz, Riesz'scher Darstellungssatz, adjungierte Operatoren, Orthogonalsysteme, kompakte Operatoren, Spektraltheorie, Lemma von Lax-Milgram.</li> <li>■ Banach-Raum: Dualraum, Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Satz von Hahn-Banach, schwache Konvergenz, Reflexivität, adjungierte Operatoren, kompakte Operatoren, Fredholm'sche Alternative.</li> <li>■ Metrische Räume, Funktionenräume, Dualitätstheorie, Lebesgue- und Sobolev-Räume.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H.W. Alt: <i>Lineare Funktionalanalysis</i>. 6. Auflage, Springer 2012.</li> <li>■ H. Brézis: <i>Functional analysis, Sobolev spaces and partial differential equations</i>. Universitext, Springer, New York 2011 (Französisches Original: H. Brézis: <i>Analyse Fonctionnelle</i>. Masson, 1987).</li> <li>■ D. Werner: <i>Funktionalanalysis</i> (8. Auflage), Springer Spektrum, 2018.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I+II, Analysis I-III Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Functional Analysis	07LE23MO-MScD24-ED9-FunkAna
Veranstaltung	
Functional Analysis: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-2-FunkAna

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lévy Processes and Financial Applications	07LE23MO-MScD24-ED6-Levy
Verantwortliche/r	
Dr. Ernst August Freiherr von Hammerstein	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory Nützliche Vorkenntnisse: Probability Theory II

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Lévy Processes and Financial Applications: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Lévy Processes and Financial Applications: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> </ul>

- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Stochastik, insbesondere den Vorlesungen Probability Theory I-III, und können die dort erlernten allgemeinen Sätze und Konzepte anhand der Aussagen und Beispiele dieser Vorlesung spezialisieren und vertiefen.
- Die Studierenden sind vertraut mit unendlich teilbaren Wahrscheinlichkeitsverteilungen, der speziellen Darstellung der zugehörigen charakteristischen Funktionen sowie den sich daraus ergebenden Pfadegenschaften der von diesen Verteilungen erzeugten stochastischen Prozesse. Sie kennen auch die Struktur dieser Prozesse und können diese für praktische Anwendungen nutzen, insbesondere für die Modellierung von Preisprozessen in der Finanzmathematik. Ferner kennen sie Bewertungsmöglichkeiten für Optionen in diesem Modellrahmen und können diese aus reale Daten anwenden.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafel- oder Folenvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lévy Processes and Financial Applications	07LE23MO-MScD24-ED6-Levy
Veranstaltung	
Lévy Processes and Financial Applications: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-6-Levy

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Charakteristische Funktionen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, unbegrenzt teilbare Verteilungen, allgemeines Grenzwertproblem, Lévy-Khintchine-Formel, Lévy-Prozesse und deren Erzeugung mithilfe unbegrenzt teilbarer Verteilungen, Zusammenhang von Pfadeigenschaften und charakteristischem Tripel, Approximationstechniken für Pfadsimulationen, Subordination von Lévy-Prozessen sowie von diesen getriebene Modelle für Preisprozesse von Finanzinstrumenten, Bewertung von Derivaten in unvollständigen Modellen, Esscher-Transformation und risikoneutrale Maße
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ D. Applebaum: <i>Lévy processes and Stochastic Calculus</i>, Cambridge University Press, 2005.</li> <li>■ J. Bertoin: <i>Lévy Processes</i>, Cambridge University Press, 2005.</li> <li>■ R. Cont, P. Tankov: <i>Financial Modelling with Jump Processes</i>, Chapman &amp; Hall/CRC, 2004.</li> <li>■ E. Eberlein, J. Kallsen: <i>Mathematical Finance</i>, Springer, 2019.</li> <li>■ P. E. Protter: <i>Stochastic Integration and Differential Equations (Second Edition, Version 2.1)</i>, Springer, 2005.</li> <li>■ K.-I. Sato: <i>Lévy Processes and Infinitely Divisible Distributions</i>, Cambridge University Press, 1999.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory Nützliche Vorkenntnisse: Probability Theory II

Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!](#)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lévy Processes and Financial Applications	07LE23MO-MScD24-ED6-Levy
Veranstaltung	
Lévy Processes and Financial Applications: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-Levy

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning for Stochastics	07LE23MO-MScD24-ED6-MLfSto
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Thorsten Schmidt	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Probability Theory Nützliche Vorkenntnisse: Probability Theory II

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Machine Learning for Stochastics: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Machine Learning for Stochastics: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Stochastik, insbesondere den Vorlesungen Probability Theory I-II.</li> </ul>

- Die Studierenden sind vertaut mit reinforcement learning, Markovschen Entscheidungsprozessen, neuronalen SDEs auf neuronalen Netzen sowie neuronalen Semimartingalen, stochastischen Gradientenmethoden und universellen Approximationssätzen sowie Anwendungen in der Finanz- und Versicherungswirtschaft wie beispielsweise dem deep robust hedging und der Berechnung von Risikomaßen.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bewertung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafel- oder Folienvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning for Stochastics	07LE23MO-MScD24-ED6-MLfSto
Veranstaltung	
Machine Learning for Stochastics: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-6-MLfSto

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Vorlesung gibt einen Überblick über aktuelle Techniken des Machine Learning, die gegenwärtig im Bereich der Stochastik zum Einsatz kommen. Darunter fallen eine grundlegende Neubetrachtung des reinforcement learning sowie moderne Lösungsmethoden, neuronale stochastische Differentialgleichungen auf neuronalen Netzen und neuronale Semimartingale als moderne Erweiterung der klassischen stochastischen Differentialgleichungen, generative adversarial networks (GANs) und Transformatoren zur Erzeugung von Zeitreihen sowie Anwendungen auf generative KI, Risikoanalyse und -Abschätzung sowie deep robust hedging im Finanz- und Versicherungsbereich.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ N. Bäuerle, U. Rieder: <i>Markov Decision Processes with Applications to Finance</i>, Springer, 2011.</li> <li>■ I. Karatzas, S.E. Shreve: <i>Brownian Motion and Stochastic Calculus</i> (Second edition), Springer, 1998.</li> <li>■ C. Cuchiero, G. Gazzani, S. Svaluto-Ferro: <i>Signature-Based Models: Theory and Calibration</i>, SIAM Journal on Financial Mathematics 14(3), 910–957, 2023.</li> <li>■ B. Hambly, R. Xu, H. Yang: <i>Recent advances in reinforcement learning in finance</i>, Mathematical Finance 33(3), 437–503, 2023.</li> <li>■ B. Horvath, J. Plenk, M. Vuletic, R. Saqr: <i>Generative Models in Finance: Market Generators, a Paradigm Shift in Financial Modeling</i>, 2025. Available at SSRN: <a href="https://ssrn.com/abstract=5284313">https://ssrn.com/abstract=5284313</a></li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning for Stochastics	07LE23MO-MScD24-ED6-MLfSto
Veranstaltung	
Machine Learning for Stochastics: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-MLfSto

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Markov Chains	07LE23MO-MScD24-ED6-Markov
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendig: Stochastik I oder Basics in Applied Mathematics Nützlich: Analysis III, Probability Theory

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Markov Chains: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Markov Chains: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Stochastik, insbesondere den Vorlesungen Stochastik I und Probability Theory, und können die dort erlernten allgemeinen Sätze und Konzepte anhand der Aussagen und Beispiele dieser Vorlesung spezialisieren und vertiefen.</li> </ul>

- Die Studierenden kennen die charakteristischen Eigenschaften und mathematischen Grundlagen von Markov-Ketten sowie deren wichtigsten Eigenschaften wie Rekurrenz, Transienz, Zustandsklassifikationen und Konvergenz zu einem Gleichgewicht. Sie können ihr theoretisches Wissen auf praktische Probleme anwenden, beispielsweise in der Biologie, bei Warteschlangensystemen und beim Ressourcenmanagement.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafel- oder Folienvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Markov Chains	07LE23MO-MScD24-ED6-Markov
Veranstaltung	
Markov Chains: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-6-Markov

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Graphische Darstellung von Markov-Ketten, starke Markov-Eigenschaft, Dirichlet-Probleme für Treffwahrscheinlichkeiten, Charakterisierung von Rekurrenz und Transienz, Existenz und Eindeutigkeit invarianten Maße und Verteilungen, Darstellungssatz für invariante Verteilungen, Markov-Ketten-Konvergenzsatz, Ergodensatz für Markov-Ketten. Anwendungen: Markovsche Entscheidungsprozesse, Markov-optimale Strategien, rekursive Algorithmen zur Berechnung erwarteter optimaler Kosten
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
R. Durrett: <i>Probability. Theory and Examples (5th Edition)</i> , Cambridge University Press, 2019. J. R. Norris: <i>Markov Chains</i> , Cambridge University Press, 1997.
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Stochastik I oder Basics in Applied Mathematics Nützliche Vorkenntnisse: Analysis III, Probability Theory Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Markov Chains	07LE23MO-MScD24-ED6-Markov
Veranstaltung	
Markov Chains: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-Markov

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Modelling	07LE23MO-MScD24-ED6-MathMod
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Patrick Dondl	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I+II, Lineare Algebra I+II Nützliche Vorkenntnisse: Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations und Functional Analysis

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mathematical Modelling: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Mathematical Modelling: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der reinen und angewandten Mathematik, insbesondere den Grundvorlesungen in Analysis und Numerik und können die dort erlernten Konzepte anhand der Sätze und Beispiele dieser Vorlesung spezialisieren und vertiefen.</li> </ul>

- Die Studierenden können Fragestellungen und Probleme aus dem täglichen Leben systematisch in mathematische Formeln und Modelle übersetzen und diese mit den in der Vorlesung erlernten Methoden analysieren und simulieren sowie die erhaltenen Ergebnisse fundiert interpretieren. Sie können darüber hinaus die aufgestellten Modelle anhand realer Daten validieren und ggf. weiter verbessern. Sie sind vertraut mit Anwendungsbeispielen aus der Physik, Biologie, Technik und Wirtschaftswissenschaften.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

#### Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

#### Lehrmethoden

- Tafel- oder Folenvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben sowie Programmieraufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Modelling	07LE23MO-MScD24-ED6-MathMod
Veranstaltung	
Mathematical Modelling: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-5-MathMod

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Diskrete und zeitstetige Modellierungsansätze, insbesondere mittels Differentialgleichungen, Variationsproblemen und Optimierungstechniken mit Anwendungsbeispielen aus der Physik, Technik und Materialwissenschaft.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerical Mathematics 3x9</i>, Springer, 2025.</li> <li>■ C. Eck, H. Garke, P. Knabner: <i>Mathematical Modelling</i>, Springer, 2017.</li> <li>■ M.E. Gurtin: <i>An Introduction to Continuum Mechanics</i>, Academic Press, 1981.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I+II, Lineare Algebra I+II            Nützliche Vorkenntnisse: Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations und Functional Analysis            Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!</a></p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Modelling	07LE23MO-MScD24-ED6-MathMod
Veranstaltung	
Mathematical Modelling: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-5-MathMod

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Measure Theory	07LE23MO-MScD24-ED6-Measure
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 30 Stunden
Selbststudium	ca. 150 Stunden
Mögliche Fachsemester	1
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Grundlagenvorlesung in Analysis und Verständnis mathematischer Beweise

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Measure Theory: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Measure Theory: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Beschränkungen des aus der Grundvorlesung Analysis bekannten Riemann-Integrals und die sich daraus ergebenden Anforderungen an einen allgemeineren Maß- und Integralbegriff.</li> <li>■ Die Studierenden sind vertraut mit dem Umgang von Sigma-Algebren, der Konstruktion von Maßen auf diesen sowie deren grundlegenden Eigenschaften. Sie kennen ferner Produktmaße als Modell für Unab-</li> </ul>

hängigkeit und das Lebesgue-Integral sowie die zugehörigen Konvergenzsätze und Räume p-fach integrierbarer Funktionen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.
Benotung
Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Hybrider Kurs mit Vorlesungsvideos und zugrundeliegendem Skript sowie Präsenzübungen;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Measure Theory	07LE23MO-MScD24-ED6-Measure
Veranstaltung	
Measure Theory: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-6-Measure

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Mengensysteme, (Halb)Ringe und Sigma-Algebren und deren Erzeuger, Dynkin- und kompakte Systeme, Konstruktion von äußeren Maßen und Maßen, Maßerweiterungssatz und Bildmaße, messbare Funktionen, Konstruktion des Lebesgue-Integrals und dessen Eigenschaften, Konvergenzsätze, Räume p-fach integrierbarer Funktionen, Satz von Radon-Nikodym. Produkträume und Faltungsmaße, Konsistenzsatz von Kolmogorov
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ V. I. Bogachev: <i>Measure Theory</i>, Springer, 2007.</li> <li>■ P. Billingsley: <i>Probability and Measure (Third Edition)</i>, Wiley, 1995.</li> <li>■ O. Kallenberg: <i>Foundations of Modern Probability (Third Edition)</i>, Vol. 1, Springer, 2021.</li> <li>■ A. Klenke: <i>Probability Theory (Third Edition)</i>, Springer, 2020.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Grundlagenvorlesung in Analysis und Verständnis mathematischer Beweise. Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Measure Theory	07LE23MO-MScD24-ED6-Measure
Veranstaltung	
Measure Theory: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-Measure

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumApproxSDE
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendig: Stochastik I und Measure Theory oder Probability Theory, Numerik sowie Programmierkenntnisse (Matlab/Python)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		2,0	
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Übung	Übung	Wahlpflicht		1,0	
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Praktische Übung (Computerübungen)	Übung	Wahlpflicht		1,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li><li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li></ul>

- Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.
- Die Studierenden können aus der Finanzmathematik oder der Physik stammende stochastische Modelle auf dem Computer simulieren sowie mathematisch analysieren. Sie sind vertraut mit stochastischen Differentialgleichungen und Methoden zu deren Lösung. Sie kennen verschiedene dazu einsetzbare numerische Methoden sowie deren Konvergenzeigenschaften und können diese innerhalb einer Programmierumgebung implementieren.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Mündliche Prüfung (Dauer ca. 30 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafel- oder Folienvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben sowie zusätzlicher praktischer Programmieraufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten sowie der Praktischen Übung.

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik
- wählbar für die Module "Reine/Angewandte Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik – siehe Verwendbarkeitstabelle im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#)
- Vorlesung, Übung und Praktische Übung sind zusammen wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumApproxSDE
<b>Veranstaltung</b>	
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-5-NumApprSDE

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Grundlagen der Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie, Erzeugung von Zufallszahlen, Monte Carlo-Integrationsmethoden, stochastische Prozesse und Ito-Kalkül, stochastische Differentialgleichungen, numerische Approximierung stochastischer Differentialgleichungen, Anwendungen in Bereich Computational Finance, Optionsbewertung
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ P. E. Kloeden, E. Platen: <i>Numerical Solution of Stochastic Differential Equations</i>, Springer, 1992.</li> <li>■ B. Oksendal: <i>Stochastic Differential Equations (Sixth Edition)</i>, Springer, 2003.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendig: Stochastik I und Measure Theory oder Probability Theory, Numerik sowie Programmierkenntnisse (Matlab/Python)</p> <p>Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumApproxSDE
Veranstaltung	
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü1-5-NumApprSDE

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumApproxSDE
Veranstaltung	
Numerical Approximation of Stochastic Differential Equations: Praktische Übung (Computerübungen)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-5-NumApprSDE

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Praktische Übung begleitet die gleichnamige Vorlesung mit Programmieraufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Siehe bei der Vorlesung, zusätzlich Programmierkenntnisse (Matlab/Python)
Bemerkung / Empfehlung
Diese Praktische Übung kann nur zusammen mit Vorlesung und Übung absolviert werden.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerics for Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumDgl
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Präsenzstudium	ca. 60 Stunden
Selbststudium	ca. 120 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I+II, Analysis I+II, Numerik I Nützliche Vorkenntnisse: Analysis III, Programmierkenntnisse

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Numerics for Differential Equations: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	2,0		
Numerics for Differential Equations: Übung	Übung	Wahlpflicht	1,0		
Numerics for Differential Equations: Praktische Übung	Übung	Wahlpflicht	1,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Numerik von Differentialgleichungen mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathema-</li> </ul>

<p>tisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen sowie</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Sie kennen klassische Verfahren zur Diskretisierung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen und können diese in Beispielen anwenden und als Computerprogramm umsetzen.</li><li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere die Anwendungen der theoretischen Grundlagen aus der Analysis.</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Klausur (Dauer 60-180 Minuten)
Zu erbringende Studienleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.</li><li>■ Falls mit Praktischer Übung: zusätzlich Bestehen der Praktischen Übung. Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.</li><li>■ Falls mit Projekt: zusätzlich Bestehen des Projekts.</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul: zusätzlich Bestehen der Klausur.</li></ul>
Benotung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit 6/(N-1) in die Gesamtnote ein, ohne Praktische Übung mit 5/(N-1), mit zusätzlichem Projekt mit 9/(N-1), wobei N jeweils die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit 6/N in die Gesamtnote ein, ohne Praktische Übung mit 5/N, mit zusätzlichem Projekt mit 9/N, wobei N jeweils die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang und im M.Sc.-Studiengang Mathematik ist das Modul unbenotet.</li><li>■ Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 6/95 und höchstens 6/77 in die Gesamtnote ein.</li></ul>
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ Computeraufgaben und deren anschließende Besprechung.</li></ul>
Studiengangsschwerpunkte
Numerik
Bemerkung / Empfehlung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Das Modul kann auch ohne Praktische Übung mit 5 statt 6 ECTS-Punkten absolviert werden (diese Option besteht im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) nicht!)</li><li>■ Das Modul kann auch mit Praktischer Übung und zusätzlichem Projekt mit 9 statt 6 ECTS-Punkten absolviert werden und zählt dann im B.Sc.-Studiengang Mathematik wie eine 4-stündige Vorlesung mit Übungen. Für den M.Sc. Mathematics in Data and Technology besteht diese Option nicht.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik (PO 2012, PO 2021)</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) oder im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014)</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar als Teil des Moduls "Angewandte Mathematik".</li><li>■ Vorlesung, Übung und Praktische Übung sind zusammen wählbar als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerics for Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumDgl
Veranstaltung	
Numerics for Differential Equations: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V2-5-NumDgl

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Modellierung mit gewöhnlichen Differentialgleichungen.</li> <li>■ Euler-Verfahren, Einschrittverfahren, Runge-Kutta-Verfahren, Mehrschrittverfahren, Konsistenz, Konvergenz, Stabilität.</li> <li>■ Hamilton'sche Systeme, symplektische Verfahren.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ S. Bartels: <i>Numerik 3x9</i>, Springer-Spektrum 2016.</li> <li>■ M. Hanke-Bourgeois: <i>Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens (3. Auflage)</i>, Vieweg+Teubner, 2009.</li> <li>■ J. Stoer, R. Burlisch : <i>Numerische Mathematik I, II</i>. Springer, 2007, 2005.</li> <li>■ W. Walter: <i>Gewöhnliche Differentialgleichungen (7. Auflage)</i>, Springer 2000.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I+II, Analysis I+II, erster Teil der Numerik-Vorlesung Nützliche Vorkenntnisse: Programmierkenntnisse, zweiter Teil der Numerik-Vorlesung (kann parallel gehört werden) Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerics for Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumDgl
Veranstaltung	
Numerics for Differential Equations: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü1-5-NumDgl

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Numerics for Differential Equations	07LE23MO-MScD24-ED6- NumDgl
Veranstaltung	
Numerics for Differential Equations: Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ1-5-NumDgl

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	1,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Praktische Übung begleitet die Vorlesung mit Programmieraufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Siehe bei der Vorlesung, zusätzlich Programmierkenntnisse.
Bemerkung / Empfehlung
Diese Praktische Übung kann nur zusammen mit Vorlesung und Übung absolviert werden.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability Theory	07LE23MO-MScD24-ED9-WT
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	2
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
<p>Keine formale Voraussetzung.</p> <p>Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>.</p>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I–III, Stochastik I</p> <p>Aus Analysis III werden Grundlagen der Maßtheorie benötigt, die in der Vorlesung kurz wiederholt werden und auch im Selbststudium angeeignet werden können. Im M.Sc. Mathematics in Data and Technology kann dazu auch alternativ vorab die Vorlesung Measure Theory gehört werden.</p>

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Probability Theory I: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht	4,0			
Probability Theory I: Übung	Übung	Wahlpflicht	2,0			

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Wahrscheinlichkeitstheorie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Wahrscheinlichkeitstheorie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> </ul>

- Sie sind mit grundlegenden stochastischen Modellen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Fragestellungen auf maßtheoretischer Grundlage vertraut, kennen Herleitungen der klassischen Grenzwertaussagen in der Wahrscheinlichkeitstheorie und können mit den Grundbegriffen der Wahrscheinlichkeitstheorie umgehen.
- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Stochastik, die sie dadurch vertiefen.

Zu erbringende Prüfungsleistung

Klausur (Dauer 60-180 Minuten)

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Benotung

Im B.Sc.-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.

Im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) geht die Note der Prüfung (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) bei Verwendung der Veranstaltung als „Elective in Data“ mit mindestens 9/95 und höchstens 9/77 in die Gesamtnote ein.

Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Studiengangschwerpunkte

Stochastik

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik; geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“
- geeignet als Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed. (mit mündlicher Prüfung statt Klausur)
- verwendbar als Modul „Angewandte Mathematik“ (mit Klausur als Studienleistung und zusätzlicher mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (mit Klausur als Studienleistung) im M.Sc. Mathematik
- verwendbar im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) als Modul „Advanced Lecture in Stochastics“ (mit mündlicher Prüfung und Klausur als Teil der Studienleistung) oder als „Elective in Data“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) (mit Klausur als schriftlicher Prüfungsleistung)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability Theory	07LE23MO-MScD24-ED9-WT
Veranstaltung	
Probability Theory I: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-6-WT

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Allgemeine Wahrscheinlichkeitsräume und -Maße, Produkträume, Zufallsvariable, 0-1-Gesetze, Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz, schwache Konvergenz, charakteristische Funktionen, bedingte Erwartungen, optional ferner Martingale in diskreter Zeit und Martingalkonvergenzsätze.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ O. Kallenberg: <i>Foundations of Modern Probability (Third Edition, Vol. 1)</i>, Springer, 2021.</li> <li>■ A. Klenke: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie (4. Auflage)</i>, Springer, 2020.</li> <li>■ L. Rüschendorf: <i>Wahrscheinlichkeitstheorie</i>, Springer Spektrum, 2016.</li> <li>■ A.N. Shiryaev: <i>Probability-1 (Third Edition)</i>, Springer, 2016.</li> <li>■ A.N. Shiryaev: <i>Probability-2 (Third Edition)</i>, Springer, 2019.</li> <li>■ D. Williams: <i>Probability with Martingales</i>, Cambridge University Press, 1991.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundvorlesungen in Analysis und Lineare Algebra</li> <li>■ Analysis III oder Measure Theory</li> <li>■ Stochastik I oder Basics in Applied Mathematics</li> </ul> <p>Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!</a></p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Probability Theory	07LE23MO-MScD24-ED9-WT
Veranstaltung	
Probability Theory I: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-6-WT

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Seminar	07LE23MO-MScD24-ED6-Seminar1
Verantwortliche/r	
PD Dr. Markus Junker	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 40 Stunden
Selbststudium	ca. 140 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Vergabe eines Seminarplatzes bei den Vorbesprechungen am Ende des Vorsemesters.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> sind semesterweise die wählbaren Seminare und die jeweils vorausgesetzten Vorkenntnisse beschrieben.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mathematical Seminar	Seminar	Wahlpflicht		2,0	

Inhalte
In einem Seminar wird ein vertieftes wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur erarbeitet und dann in Vorträgen präsentiert.
Die konkreten Inhalte des Moduls hängen vom gewählten Seminar ab; die Inhalte der wählbaren Seminare sind im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> des Mathematischen Instituts beschrieben.
Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden können sich in ein wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur selbstständig, aber unter fachlicher Begleitung einarbeiten.</li> <li>■ Die Studierenden können dieses Thema didaktisch aufbereiten und in freiem Vortrag anschaulich, verständlich und fachlich korrekt vortragen; sie können Fragen zum Vortragsthema beantworten und sich einer kritischen Diskussion stellen.</li> <li>■ Die Studierenden können fachliche Fragen zu Vorträgen formulieren und Vorträge konstruktiv-kritisch begleiten.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Gestaltung einer ca. 90-minütigen Seminarsitzung mit Vortrag und Diskussion.
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studienleistungen hängen vom gewählten Seminar ab. Die genauen Anforderungen werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Gestaltung der Seminarsitzungen durch Studierende (mit Hilfe bei der Vorbereitung durch Dozent/in bzw. Assistent/in);</li><li>■ aktive Beteiligung aller Teilnehmenden durch Fragen und Diskussion.</li></ul>
Literatur
Literaturangaben für das gewählte Seminar finden Sie im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> des Mathematischen Instituts oder werden bei der Vorbesprechung des Seminars bekanntgegeben.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematical Seminar	07LE23MO-MScD24-ED6-Seminar1
Veranstaltung	
Mathematical Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	07LE23S-0-NN

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Themen hängen vom jeweils gewählten Seminar ab. Im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> sind jeweils die innerhalb eines Semesters als Mathematical Seminar wählbaren Seminare genauer beschrieben.
Zu erbringende Prüfungsleistung
[siehe beim Modul]
Zu erbringende Studienleistung
[siehe beim Modul]
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
[siehe beim Modul]

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives in Data: Veranstaltungen der Technischen Fakultät	07LE23KT-MScD24-ED-TF
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

## Kommentar

Untenstehend werden Lehrveranstaltungen der Technischen Fakultät aufgelistet, die als „Electives in Data“ belegt werden können und regelmäßig angeboten werden.

Auch hier gilt, dass es in jedem Semester vereinzelt zusätzliche Lehrangebote der Technischen Fakultät geben kann, die als „Electives in Data“ anrechenbar sind. Diese werden dann jeweils im semesterweisen-[Veranstaltungsverzeichnis](#) des betreffenden Semesters unter Punkt 4b. *Fachfremde Veranstaltungen für den M.Sc. Mathematics in Data and Technology* aufgeführt.

Detailliertere Informationen zu den nachfolgend aufgeführten Lehrveranstaltungen der Technischen Fakultät können dem [Modulhandbuch des M.Sc. Informatik/Computer Science](#) (in der Tabelle kurz MHB) entnommen werden; die Links in der Tabelle führen direkt zu den entsprechenden Modulbeschreibungen im Modulhandbuch des M.Sc. Informatik/Computer Science.

Veranstaltungsname	SWS	ECTS	Frequenz	PL	MHB
Computer Vision	2+2	6,0	jedes WS	Klausur oder mdl. Prüfung	<a href="#">S. 93ff</a>
Foundations of Artificial Intelligence	3+1	6,0	jedes SS	Klausur	<a href="#">S. 26ff</a>
Foundations of Deep Learning	3+1	6,0	jedes WS	Klausur <sup>1</sup>	<a href="#">S. 140ff</a>
Image Processing and Computer Graphics	3+1	6,0	jedes SS	Klausur	<a href="#">S. 31ff</a>
Modelling and System Identification	2+2	6,0	jedes WS	Klausur <sup>1</sup>	<a href="#">S. 201ff</a>
Numerical Optimal Control <sup>2</sup>	2	6,0 / 9,0	jedes WS	Klausur <sup>1</sup>	<a href="#">S. 209ff</a>
Numerical Optimization <sup>2</sup>	2	6,0 / 9,0	jedes SS	Klausur <sup>1</sup>	<a href="#">S. 214ff</a>
Reinforcement Learning	3+1	6,0	jedes WS	mdl. Prüfung oder Klausur	<a href="#">S. 227ff</a>

### Anmerkungen:

<sup>1</sup> Bei diesen Lehrveranstaltungen sind zusätzlich Studienleistungen zu erbringen.

<sup>2</sup> Die Lehrveranstaltungen „Numerical Optimal Control“ und „Numerical Optimization“ sind als inverted classroom konzipiert, daher beziehen sich die obigen Angaben der SWS nur auf die wöchentlichen Präsenzübungen bzw. Q&A sessions.

Für die erfolgreiche Teilnahme (inklusive Bestehen der Abschlussklausur) an „Numerical Optimal Control“ bzw. „Numerical Optimization“ werden jeweils 6 ECTS vergeben. Mit einem zusätzlich absolvierten Programmierprojekt kann die ECTS-Punktzahl jeweils um 3 auf 9 ECTS aufgestockt werden; siehe hierzu auch das [Kommentierte Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#).



Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives in Data: Veranstaltungen der Wirtschaftswissenschaften	07LE23KT-MScD24-ED-W
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
----------------------------	-------------

Kommentar					
Nachfolgend werden Lehrveranstaltungen des Instituts für Wirtschaftswissenschaften aufgelistet, die als „Electives in Data“ belegt werden können und regelmäßig(er) angeboten werden.					
Hier gilt wiederum, dass es in jedem Semester vereinzelt zusätzliche Lehrangebote des Instituts für Wirtschaftswissenschaften geben kann, die als „Electives in Data“ anrechenbar sind. Diese werden dann jeweils im <a href="#">Veranstaltungsverzeichnis</a> des betreffenden Semesters unter Punkt 4b. <i>Fachfremde Veranstaltungen für den M.Sc. Mathematics in Data and Technology</i> aufgeführt.					
Detailliertere Informationen zu den nachfolgend aufgeführten Lehrveranstaltungen des Instituts für Wirtschaftswissenschaften können dem <a href="#">Modulhandbuch des M.Sc. Volkswirtschaftslehre</a> oder alternativ dem <a href="#">Modulhandbuch des M.Sc. Economics</a> entnommen werden. Die Links in der Tabelle führen direkt zu den entsprechenden Modulbeschreibungen im Modulhandbuch des M.Sc. Volkswirtschaftslehre (in der Tabelle kurz MHB).					
Veranstaltungsname	SWS	ECTS	Frequenz	PL	MHB
Business Analytics	2+2	6,0	unregelmäßig	Klausur	<a href="#">S. 47f</a>
Financial Time Series Analysis	2+2	6,0	unregelmäßig	Klausur	<a href="#">S. 73f</a>
Futures and Options	2+2	6,0	jedes WS	Klausur	<a href="#">S. 76f</a>
Intermediate Econometrics <sup>1</sup>	4+2	6,0	jedes WS	Klausur	<a href="#">S. 37f</a>

**Anmerkungen:**

<sup>1</sup> „Intermediate Econometrics“ wird für Studierende im M.Sc. Economics als vierstündige Vorlesung mit zweistündigen Übungen mit 10 ECTS angeboten. Für Studierende im M.Sc. Volkswirtschaftslehre und M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist der erste Vorlesungs- und Übungsteil nicht verpflichtend, sie schreiben auch eine kürzere Abschlussklausur als M.Sc. Economics-Studierende. Daher werden im M.Sc. Volkswirtschaftslehre und M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) für die erfolgreiche Teilnahme an dieser Lehrveranstaltung 6 ECTS angerechnet.



Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives	07LE23KT-MScD24-E
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
ECTS-Punkte	18,0

Kommentar
Innerhalb der Module „Electives in Data“ sowie „Electives“ sind Lehrveranstaltungen im Umfang von zusammen insgesamt 48 ECTS zu belegen, wobei davon mindestens 30 ECTS innerhalb von „Electives in Data“ erworben werden müssen. Im Modul „Electives“ können somit, abhängig vom innerhalb des Moduls „Electives in Data“ erbrachten Leistungsumfangs, noch 0–18 ECTS-Punkte erworben werden. Sämtliche im Modul „Electives“ zu erbringende Leistungen sind unbenotete Studienleistungen.
Als „Electives“ sind sämtliche vom Mathematischen Institut angebotene Lehrveranstaltungen wählbar, die auch im M.Sc. Mathematik anrechenbar sind und <i>nicht</i> als „Advanced Lecture“, „Mathematical Seminar“ oder „Electives in Data“ innerhalb des M.Sc. Mathematics in Data and Technology verwendbar sind; typischerweise sind dies Lehrveranstaltungen aus den Bereichen Reine Mathematik und Mathematische Logik.
Nachfolgend werden wiederum nur die typischen, regelmäßiger angebotenen Lehrveranstaltungen beschrieben, die innerhalb dieses Moduls belegt werden können. In jedem Semester kann es darüber hinaus noch weitere geben, die im zugehörigen <a href="#">Veranstaltungsverzeichnis</a> aufgeführt und als verwendbar im Modul „Electives“ gekennzeichnet sind. Durch Anklicken der Schaltflächen <i>Courses for M.Sc. Mathematics in Data and Technology</i> sowie <i>Elective</i> oben auf den Webseiten lassen sich alle innerhalb eines Semesters angebotenen und als „Electives“ verwendbaren Lehrveranstaltungen anzeigen.

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives: Praktische Übungen	07LE23KT-MScD24-E-PÜ
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
----------------------------	-------------

Kommentar
Die nachfolgend aufgeführten Praktischen Übungen sind Computer- bzw. Programmierübungen und werden üblicherweise begleitend zu den gleichnamigen Vorlesungen angeboten und ergänzen bzw. vertiefen die dort behandelten theoretischen Resultate anhand konkreter Problemstellungen und praktischer Implementierungen. Insofern ist der gleichzeitige (oder vorherige) Besuch der zugehörigen Vorlesungen für das Verständnis erforderlich und wird daher nachdrücklich empfohlen.
Eine Ausnahme hiervon ist die Praktische Übung „Machine Learning“, zu der keine spezielle Begleitvorlesung angeboten wird und die somit davon unabhängig belegt werden kann.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-6-PÜMLStoch
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 30 Stunden
Selbststudium	ca. 60 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Grundkenntnisse in Programmierung und Stochastik.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Praktische Übung Machine Learning	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse in der Programmiersprache Python und sind in der Lage, neuronale Netze zu implementieren und zu analysieren, Optimierungsstrategien anzuwenden und moderne transformatorbasierte Modelle für Aufgaben wie Textgenerierung und Zeitreihenanalyse zu verstehen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine
Zu erbringende Studienleistung
Die Anforderungen an die Studienleistung werden semesterweise in den <a href="#">aktuellen Ergänzungen der Modulhandbücher Mathematik</a> veröffentlicht.
Benotung
unbenotet

Lehrmethoden

Computerübungen

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)
- Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014)
- Verwendbar für das Modul „Mathematische Ergänzung“ im M.Ed. -Studiengang Mathematik (PO 2018)
- Verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Machine Learning: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-6-PÜMLStoch
Veranstaltung	
Praktische Übung Machine Learning	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-6-MLStoch

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Diese Praktische Übung vermittelt grundlegende Konzepte und praktische Fähigkeiten, die zum Verständnis und zur Implementierung von Modellen des maschinellen Lernens erforderlich sind, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf Deep Learning und neuronalen Netzen liegt. Die Studierenden erwerben zunächst grundlegende Programmierkenntnisse in Python mit Schwerpunkt auf der PyTorch-Bibliothek und befassen sich anschließend mit fortgeschrittenen Themen wie dem Training mehrschichtiger Perzeptrons, Optimierungs-techniken und Transformer-Architekturen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Grundkenntnisse in Programmierung und Stochastik.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE0
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 30 Stunden
Selbststudium	ca. 60 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, jedoch sollte auch die parallel zur Praktischen Übung angebotene gleichnamige Vorlesung besucht werden (oder bereits zuvor gehört worden sein).
Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Gleichzeitiger oder vorheriger Besuch der gleichnamigen Vorlesung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations (Computerübungen)	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
Die Studierenden können die in der Vorlesung erlernten numerischen Verfahren praktisch umsetzen und deren Eigenschaften experimentell untersuchen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine
Zu erbringende Studienleistung
Die Anforderungen an die Studienleistung werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.

Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
Computerübungen
Studiengangschwerpunkte
Numerik
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)</li><li>■ Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014)</li><li>■ Verwendbar für das Modul „Mathematische Ergänzung“ im M.Ed. -Studiengang Mathematik (PO 2018)</li><li>■ Wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE0
Veranstaltung	
Introduction to Theory and Numerics of Partial Differential Equations (Computerübungen)	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-5-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Praktische Übung begleitet die gleichnamige Vorlesung mit Programmieraufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Siehe bei der Vorlesung, zusätzlich Programmierkenntnisse.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE2
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 30 Stunden
Selbststudium	ca. 60 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, jedoch sollte auch die parallel zur Praktischen Übung angebotene gleichnamige Vorlesung besucht werden (oder bereits zuvor gehört worden sein). Notwendige Vorkenntnisse: siehe dort oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Gleichzeitiger oder vorheriger Besuch der gleichnamigen Vorlesung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
Die Studierenden können die in der Vorlesung erlernten numerischen Verfahren praktisch umsetzen und deren Eigenschaften experimentell untersuchen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine
Zu erbringende Studienleistung
Die Anforderungen an die Studienleistung werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.

Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
Computerübungen
Studiengangschwerpunkte
Numerik
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)</li><li>■ Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014)</li><li>■ Verwendbar für das Modul „Mathematische Ergänzung“ im M.Ed. -Studiengang Mathematik (PO 2018)</li><li>■ Wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE2
Veranstaltung	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Adaptivity and Iterative Solution Methods: Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-5-PDE2

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Praktische Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Siehe bei der Vorlesung, zusätzlich Programmierkenntnisse.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE1
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 30 Stunden
Selbststudium	ca. 60 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, jedoch sollte auch die parallel zur Praktischen Übung angebotene gleichnamige Vorlesung besucht werden (oder bereits zuvor gehört worden sein). Notwendige Vorkenntnisse: siehe dort oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Gleichzeitiger oder vorheriger Besuch der gleichnamigen Vorlesung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Praktische Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
Die Studierenden können die in der Vorlesung erlernten numerischen Verfahren praktisch umsetzen und deren Eigenschaften experimentell untersuchen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine
Zu erbringende Studienleistung
Die Anforderungen an die Studienleistung werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.

Benotung
unbenotet
Lehrmethoden
Computerübungen
Studiengangschwerpunkte
Numerik
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)</li><li>■ Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014)</li><li>■ Verwendbar für das Modul „Mathematische Ergänzung“ im M.Ed. -Studiengang Mathematik (PO 2018)</li><li>■ Wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Praktische Übung	07LE23MO-MSc14-WM3-5-PÜPDE1
Veranstaltung	
Theory and Numerics of Partial Differential Equations – Nonlinear Problems: Praktische Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23PÜ-5-PDE1

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Praktische Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Siehe bei der Vorlesung, zusätzlich Programmierkenntnisse.

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives: Mathematik-Vorlesungen	07LE23KT-MScD24-E-Vorl
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
----------------------------	-------------

Kommentar
Alle nachfolgend aufgeführten Vorlesungen können innerhalb des M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) prinzipiell ab dem 1. Fachsemester als „Electives“ gehört werden, sofern die jeweils notwendigen Vorkenntnisse vorhanden sind.
Bei Vorlesungen, die in weiteren Mathematik-Studiengängen Pflichtvorlesungen sind und nach den zugehörigen Studienverlaufsplänen in anderen Fachsemestern gehört werden als im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024), wird im Folgenden auf die Angabe möglicher Fachsemester verzichtet.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebra und Zahlentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-1-AuZ
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Wolfgang Soergel	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I und II.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Algebra und Zahlentheorie: Vorlesung	Vorlesung			4,0	
Algebra und Zahlentheorie: Übung	Übung			2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Algebra und der Zahlentheorie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der elementaren Algebra und Zahlentheorie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie können die Struktur und Eigenschaften von Zahlenbereichen im Zusammenhang erklären, sie kennen wichtige klassische Probleme wie Winkeldreiteilung und Lösungsformeln für polynomiale Gleichungen und verstehen ihre algebraische Umformulierung und Lösung.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der linearen Algebra, die sie dadurch vertiefen, und können mathematische Situationen unter Verwendung algebraischer Strukturbegriffe analysieren.</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Klausur (Dauer 60–180 Minuten)</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise in den <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.
Benotung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik geht die Modulnote mit 9/75 in die Abschlussnote des Fachs Mathematik ein, die wiederum mit 4/9 in die Gesamtnote eingeht – bei Fächerkombinationen mit einem künstlerischen Fach mit 6/17.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit 9/(N-1) in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ geht die Modulnote mit 9/95 in die Abschlussnote des Fachs Mathematik ein, die wiederum mit 6/7 in die Gesamtnote eingeht.</li><li>■ Als Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Studiengangsschwerpunkte
Algebra
Bemerkung / Empfehlung
Das Modul kann in beiden Bachelor-Studiengängen ab dem 3. Fachsemester absolviert werden, sofern Lineare Algebra I und II gehört wurden.
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Pflichtmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik (PO 2021 und )im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021)</li><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014) und „Elective“ im M.Sc.-Studiengang Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Der erste Teil der Veranstaltung (bis Weihnachten) mit 5 ECTS-Punkten bildet das Pflichtmodul „Einführung in die Algebra und Zahlentheorie“ im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 90 ECTS-Punkten“ (PO 2021)</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebra und Zahlentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-1-AuZ
Veranstaltung	
Algebra und Zahlentheorie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-1-AuZ

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Grundbegriffe der Gruppentheorie: Normalteiler, Homomorphiesatz, Gruppenwirkungen, Symmetriegruppen</li><li>■ Grundbegriffe der Ringtheorie: Teilbarkeit, Ideale und Primfaktorzerlegung, vor allem die Beispiele <math>\mathbf{Z}</math> und <math>K[X]</math>, euklidischer Algorithmus, Restklassenringe, chinesischer Restsatz, kleiner Satz von Fermat</li><li>■ Grundlagen der Körpertheorie: endliche und algebraische Erweiterungen, Konstruierbarkeit mit Zirkel und Lineal, endliche Körper</li><li>■ Auflösbarkeit von Gleichungen durch Radikale, elementarsymmetrische Polynome, Galois-Theorie, quadratisches Reziprozitätsgesetz</li><li>■ Zahlbereichserweiterungen</li><li>■ optional: Sylow-Sätze, Strukturtheorie endlicher Gruppen, endliche Symmetriegruppen des Raumes und platonische Körper, Transzendenz von <math>\pi</math></li><li>■ Ideen- und mathematikgeschichtliche Hintergründe der mathematischen Inhalte werden erläutert.</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>■ M. Artin: <i>Algebra</i>. Birkhäuser 1998.</li><li>■ S. Lang: <i>Algebra</i>. 3. Auflage, Springer 2005.</li><li>■ S. Bosch: <i>Algebra</i>. Springer Spektrum 2013.</li><li>■ R. Schulze-Pillot: <i>Einführung in die Algebra und Zahlentheorie</i>. Springer 2008.</li></ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I und II

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebra und Zahlentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-1-AuZ
Veranstaltung	
Algebra und Zahlentheorie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-1-AuZ

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebraische Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AlgTop
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sebastian Goette	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Topologie

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Algebraische Topologie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Algebraische Topologie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Reinen Mathematik, insbesondere zu Algebra und Topologie, und können die dort erlernten allgemeinen Sätze und Konzepte anhand der Aussagen und Beispiele dieser Vorlesung spezialisieren und vertiefen.</li> <li>■ Die Studierenden sind vertraut mit Homotopiegruppen sowie Homologie- und Kohomologiegruppen und deren axiomatischer Charakterisierung und beherrschen die zur Konstruktion weiterführender topologi-</li> </ul>

scher Objekte notwendigen Grundlagen. Sie kennen Anwendungen der erlernten Methoden in anderen Bereichen der Mathematik, speziell der Geometrie.
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.
Benotung
Die Modulnote geht in die Gesamtnote des B.Sc.-Studiengangs Mathematik mit 9/N ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
Als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafel- oder Folienvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik; geeignet für "Vorlesung mit Übung A–D", zählt zur Reinen Mathematik</li><li>■ wählbar für die Module "Reine Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik</li><li>■ wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebraische Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AlgTop
Veranstaltung	
Algebraische Topologie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-AlgTop

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Homotopiegruppen und Anwendungen, Browerscher Fixpunktsatz, Satz von Brower und Hopf</li> <li>■ Kofaserungen und Quotienten, stabile Homotopiegruppen, gerahmter Bordismus</li> <li>■ Elementare Homotopietheorie, Exponentialgesetz, Satz von Whitehead, Faser- und Kofasersequenzen</li> <li>■ Homologie, Eilenberg-Steenrod-Axiome</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ T. tom Dieck: <i>Algebraic Topology</i>. EMS textbooks in mathematics, European Mathematical Society 2008.</li> <li>■ K. Jänich: <i>Topologie</i>. 8. Auflage, Springer 2008.</li> <li>■ A. Hatcher: <i>Algebraic Topology</i>. 13th printing, Cambridge University Press 2010.</li> <li>■ E. H. Spanier: <i>Algebraic Topology</i>. Korrigierter Nachdruck, Springer 1995.</li> <li>■ R. Stöcker, H. Zieschang: <i>Algebraische Topologie: Eine Einführung</i>. 2. Auflage, Teubner 1994.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I, II, Topologie Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Algebraische Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AlgTop
Veranstaltung	
Algebraische Topologie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-AlgTop

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Allgemeine Relativitätstheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AllgRelTh
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Nadine Große	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I+II, Mehrfachintegrale (z. B. aus Analysis II oder III oder Erweiterung der Analysis)

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Allgemeine Relativitätstheorie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Allgemeine Relativitätstheorie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Vorlesung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie kennen die Zusammenhänge mit physikalischen Modellen und Experimenten zu deren Verifizierung und können die entsprechenden Phänomene mathematisch beschreiben. Sie sind vertraut mit den dazu notwendigen Grundlagen der Differentialgeometrie zur Beschreibung wichtiger kosmologischer Modelle, anhand derer sie ihr diesbezügliches Wissen erweitern und vertiefen.</li> </ul>

- Die Studierenden sind vertraut mit der allgemeinen Relativitätstheorie und der zu ihrer Beschreibung notwendigen vierdimensionalen Raumzeit, kennen die Einstingleichungen und spezielle Lösungen von diesen sowie deren analytische und geometrische Eigenschaften. Ferner kennen sie wichtige Tests der allgemeinen Relativitätstheorie und Lösungen analytischer Probleme für Lorentzmannigfaltigkeiten.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

- Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs
- Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

#### Benotung

Als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.

#### Lehrmethoden

- Tafel- oder Folienvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc. Mathematik; geeignet für "Vorlesung mit Übung A–D", zählt zur Reinen Mathematik
- wählbar für die Module "Reine Mathematik", "Mathematik", "Vertiefungsmodul" (jeweils mit mündlicher Prüfung) oder als Wahlmodul (nur mit Studienleistungen) im M.Sc. Mathematik
- wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Allgemeine Relativitätstheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AllgRelTh
Veranstaltung	
Allgemeine Relativitätstheorie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-AllgRelTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Newton'sche Gravitationstheorie und spezielle Relativitätstheorie, Äquivalenzprinzip, Einsteinsche Feldgleichungen, Schwarzschildlösung, Kosmologie und Isometrien, Kausalität, Singularitäten, Linearisierte Gravitationstheorie, Wellengleichungen auf Lorentzmannigfaltigkeiten, Cauchyproblem der Einstingleichungen, Sternenmodelle und gravitativer Kollaps
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler: <i>Gravitation</i>. W. H. Freeman and Co., 1973.</li> <li>■ B. O'Neill: <i>Elementary Differential Geometry</i> (Second Ed.), Elsevier/Academic Press, 2006.</li> <li>■ R.M. Wald: <i>General relativity</i>, University of Chicago Press, 1984.</li> <li>■ S. Weinberg: <i>Gravitation and cosmology: principles and applications of the general theory of relativity</i>, John Wiley &amp; Sons, 1972.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Analysis I+II, Mehrfahrtintegrale Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> !

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Allgemeine Relativitätstheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- AllgRelTh
Veranstaltung	
Allgemeine Relativitätstheorie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-AllgRelTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Differentialgeometrie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-DiffGeo
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Nadine Große	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I–III Nützliche Vorkenntnisse: Kurven und Flächen, Topologie, Algebraische Topologie

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Differentialgeometrie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Differentialgeometrie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren. Sie sind mit den grundlegenden Begriffen der globalen Differentialgeometrie vertraut, insbesondere mit der Analysis auf Mannigfaltigkeiten, und erwerben Verständnis für die innere Krümmung höherdimensionaler Räume.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Differentialgeometrie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Differentialgeometrie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> </ul>

- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen, und kennen Beziehungen zur allgemeinen Relativitätstheorie.

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

- Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs.
- Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: eventuell zusätzliche mündliche Prüfung.

#### Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit  $9/(N-1)$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit  $9/N$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.

#### Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

#### Studiengangsschwerpunkte

##### Geometrie und Topologie

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.
- Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für die Module „Reine Mathematik“, „Mathematik“ und das Vertiefungsmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Differentialgeometrie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-DiffGeo
Veranstaltung	
Differentialgeometrie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-DiffGeo

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Differenzierbare Mannigfaltigkeiten, Tensorfelder, Riemann'sche Metriken, Levi-Civit�-Zusammenhang, Riemann'scher Krümmungstensor, Parallelverschiebung, Geodatische, geometrische Bedeutung des Krümmungstensors.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J. Cheeger, D.G. Ebin: <i>Comparison Theorems in Riemannian Geometry</i>, North-Holland, 1975.</li> <li>■ M.P. do Carmo: <i>Riemannian Geometry</i>, Birkhäuser, 1992.</li> <li>■ S. Gallot, D. Hulin, J. Lafontaine: <i>Riemannian Geometry</i>, Springer, 1987.</li> <li>■ J.M. Lee: <i>Introduction to Smooth Manifolds</i>, Springer, 2003.</li> <li>■ Barrett O'Neill: <i>Semi-Riemannian Geometry with Applications to Relativity</i>, Academic Press, 1983.</li> <li>■ P. Petersen: <i>Riemannian Geometry</i>, Grad. Texts Math. 171, Springer, 2006.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I–III Nützliche Vorkenntnisse: Nützliche Vorkenntnisse: Kurven und Flächen, Topologie Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!</a>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Differentialgeometrie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-DiffGeo
Veranstaltung	
Differentialgeometrie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-DiffGeo

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in partielle Differentialgleichungen	07LE23MO-MSc14-WM9-5-PDE0
Verantwortliche/r	
Prof. Guofang Wang	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I–III Nützliche Vorkenntnisse: Funktionalanalysis

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Einführung in partielle Differentialgleichungen: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Einführung in partielle Differentialgleichungen: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie können lineare elliptische und parabolische Randwertprobleme formulieren. Sie kennen die Hauptresultate zur Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen, insbesondere Maximumprinzip, schwache Lösungsmethoden und a priori Abschätzungen in <math>L_2</math> und Hölder-Räumen.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich partieller Differentialgleichungen mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>■ exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbständig lösen.</li><li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen. Die Studierenden können Anwendungsbeispiele aus Geometrie und Physik nennen.</li></ul>
<p>Zu erbringende Prüfungsleistung</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs.</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
<p>Zu erbringende Studienleistung</p>
<p>Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht. Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: eventuell zusätzliche mündliche Prüfung.</p>
<p>Benotung</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit <math>9/(N-1)</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit <math>9/N</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
<p>Lehrmethoden</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
<p>Studiengangschwerpunkte</p>
<p>Analysis</p>
<p>Verwendbarkeit des Moduls</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.</li><li>■ Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für die Module „Reine Mathematik“, „Mathematik“ und das Vertiefungsmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Wählbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in partielle Differentialgleichungen	07LE23MO-MSc14-WM9-5-PDE0
Veranstaltung	
Einführung in partielle Differentialgleichungen: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-2-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Grundlegende Eigenschaften linearer elliptischer und parabolischer Gleichungen, Existenz von Lösungen, Darstellungssätze, Maximumprinzip, schwache Formulierung elliptischer Gleichungen, Dirichlet-Prinzip, Regularitätstheorie.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ E. DiBenedetto: <i>Partial Differential Equations</i> (Second Edition), Springer, 2010.</li> <li>■ L. C. Evans: <i>Partial Differential Equations</i> (2. Auflage), American Mathematical Society 2010.</li> <li>■ D. Gilbarg, N. S. Trudinger: <i>Elliptic Partial Differential Equations of Second Order</i>. GTM 224, Nachdruck der 2. Auflage, Springer 2001.</li> <li>■ J. Jost: <i>Partial Differential Equations</i> (Third Edition), Springer, 2013.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I–III            Nützliche Vorkenntnisse: Funktionalanalysis            Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>!</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Einführung in partielle Differentialgleichungen	07LE23MO-MSc14-WM9-5-PDE0
Veranstaltung	
Einführung in partielle Differentialgleichungen: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-2-PDE0

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- FunkTh
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Stefan Kebekus	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I und Analysis I, II

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Funktionentheorie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Funktionentheorie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Funktionentheorie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Funktionentheorie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen. Sie verstehen, wie mit komplex-analytischen Methoden die Lösungen von Problemen der reellen Analysis ermöglicht werden und können dies in konkreten Situationen durchführen.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>■ Sie kennen ausgewählte Anwendungen der Funktionentheorie, welche Verbindungen zu anderen Gebieten wie Algebra, Geometrie oder Zahlentheorie schlagen.</li></ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Klausur (Dauer 60-180 Minuten)</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht. Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: zusätzlich Bestehen der Klausur.
Benotung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit <math>9/(N-1)</math> in die Gesamtnote ein, wobei <math>N</math> die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit <math>9/N</math> in die Gesamtnote ein, wobei <math>N</math> die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Studiengangschwerpunkte
Algebra; Geometrie und Topologie.
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) oder im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-FunkTh
Veranstaltung	
Funktionentheorie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-FunkTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ reelle und komplexe Differenzierbarkeit, holomorphe Funktionen</li> <li>■ Cauchy'scher Integralsatz und Cauchy'sche Integralformel, Kurvenintegrale, Potenzreihenentwicklung, Identitätssatz, Gebietstreue, Maximumsprinzip</li> <li>■ Isolierte Singularitäten, elementare holomorphe Funktionen, meromorphe Funktionen, Laurent-Reihen</li> <li>■ Residuensatz und Anwendungen, Fundamentalsatz der Algebra</li> <li>■ Weitere ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, z.B. Satz von Montel, Möbius-Transformationen, Riemann'scher Abbildungssatz</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ R. Remmert, G. Schumacher: <i>Funktionentheorie 1</i>, 5. Auflage, Springer 2002.</li> <li>■ R. Remmert, G. Schumacher: <i>Funktionentheorie 2</i>, 3. Auflage, Springer 2007.</li> <li>■ E. Freitag, R. Busam: <i>Funktionentheorie 1</i>, 4. Auflage, Springer 2006.</li> <li>■ E. Freitag: <i>Funktionentheorie 2</i>, 2. Auflage, Springer Spektrum 2014.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I, II

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Funktionentheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-FunkTh
Veranstaltung	
Funktionentheorie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-FunkTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kurven und Flächen	07LE23MO-MSc14-WM9-3-KuF
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ernst Kuwert	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I, II sowie Kenntnisse höherdimensionaler Integration aus Analysis III oder Erweiterung der Analysis

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Kurven und Flächen: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Kurven und Flächen: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der elementaren Differentialgeometrie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der elementaren Differentialgeometrie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie können Krümmungen von Kurven und Flächen definieren, geometrisch veranschaulichen und in konkreten Fällen berechnen. Sie können zwischen lokalen und globalen Aussagen und zwischen Phänomenen der äußeren und der inneren Geometrie von Flächen unterscheiden.</li> </ul>

- Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik. Sie verstehen, wie Analysis und lineare Algebra zum Studium gekrümmter Kurven und Flächen eingesetzt werden und vertiefen so ihre Kenntnisse aus den Grundvorlesungen in geometrischer Richtung. Sie kennen Beziehungen der Differentialgeometrie zu anderen mathematischen Gebieten (Variationsrechnung, Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Topologie) und Anwendungen der Differentialgeometrie außerhalb der Mathematik (Kartographie, Optik, CAGD).

#### Zu erbringende Prüfungsleistung

- Klausur (Dauer 60-180 Minuten)
- Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine

#### Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: zusätzlich Bestehen der Klausur.

#### Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit  $9/(N-1)$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit  $9/N$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.

#### Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

#### Studiengangsschwerpunkte

Geometrie und Topologie; Analysis

#### Bemerkung / Empfehlung

Das Modul hieß früher „Elementare Differentialgeometrie“.

#### Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.
- Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) oder im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kurven und Flächen	07LE23MO-MSc14-WM9-3-KuF
Veranstaltung	
Kurven und Flächen: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-KuF

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Kurventheorie in der Ebene und im Raum, globale Ergebnisse über Kurven, 1. und 2. Fundamentalform von Flächen, Theorema Egregium, innere Geometrie, Geodätische, Satz von Gauss-Bonnet
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M. P. do Carmo: <i>Differential Geometry of Curves and Surfaces</i> (Revised and Updated Second Edition), Dover Publications, 2016.</li> <li>■ C. Bär: <i>Elementare Differentialgeometrie</i> (2. Auflage), de Gruyter 2010.</li> <li>■ S. Montiel and A. Ros: <i>Curves and Surfaces</i>. American Mathematical Society 2005.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, II, Analysis I, II sowie Analysis III oder Erweiterung der Analysis Nützliche Vorkenntnisse: Topologie

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Kurven und Flächen	07LE23MO-MSc14-WM9-3-KuF
Veranstaltung	
Kurven und Flächen: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-KuF

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematische Logik	07LE23MO-MSc14-WM9-4-Logik
Verantwortliche/r	
PD Dr. Markus Junker	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: grundlegende mathematische Arbeitsweisen aus einer der Grundvorlesungen Analysis I oder Lineare Algebra I. Nützliche Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I.

Zugehörige Veranstaltungen						
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand	
Mathematische Logik: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0		
Mathematische Logik: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0		

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Mathematischen Logik und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Mathematischen Logik mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie können über die Grundlagen und die Methoden der Mathematik reflektieren.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Klausur (Dauer 60-180 Minuten)</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht. Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: zusätzlich Bestehen der Klausur.
Benotung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit <math>9/(N-1)</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit <math>9/N</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Studiengangschwerpunkte
Logik
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematische Logik	07LE23MO-MSc14-WM9-4-Logik
Veranstaltung	
Mathematische Logik: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-4-Logik

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Ziel der Mathematischen Logik ist es zunächst, die Grundlagen der Mathematik zu präzisieren: Was ist ein Beweis? Welche Beweismethoden sind zulässig? Welche Axiome braucht man? Um sinnvolle Antworten auf diese Fragen geben zu können, muss man zunächst formalisieren, was mathematische Aussagen und was Beweise sind. Wenn das erreicht ist, können Aussagen und Beweise selbst zum Objekt mathematischer Untersuchung werden, und man kann Sätze über die Möglichkeiten und Grenzen der Beweisbarkeit beweisen: Die wichtigsten sind der Vollständigkeitssatz und die Unvollständigkeitssätze von Kurt Gödel. Auf dem Weg dorthin führt die Vorlesung die Grundbegriffe wichtiger Teilgebiete der Mathematischen Logik ein: Mengenlehre, Modelltheorie und Berechenbarkeitstheorie (Rekursionstheorie).
Die Inhalte der Vorlesung sind u.a.: Prädikatenlogik erster Stufe (Syntax und Semantik mit Substitution und Normalformen), Kalküle und der Vollständigkeitssatz, das Axiomensystem ZFC, Ordinal- und Kardinalzahlen, primitiv rekursive und rekursive Funktionen, Gödelisierung, der Gödel'sche Unvollständigkeitssatz und die Unentscheidbarkeit der Prädikatenlogik.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ M. Ziegler: <i>Mathematische Logik</i> (2. Auflage), Birkhäuser, 2017.</li> <li>■ H.D. Ebbinghaus, J. Flum, W. Thomas: <i>Einführung in die mathematische Logik</i> (6. Auflage), Springer Spektrum, 2018.</li> <li>■ M. Hils, F. Loeser: <i>A First Journey Through Logic</i>, Student Mathematical Library vol. 89, AMS, 2019.</li> <li>■ R. Cori, D. Lascar: <i>Logique mathématique (tomes I,II)</i>, Masson, 1994. Englische Version: <i>Mathematical Logic: A Course with Exercises Part I,II</i>, Oxford University Press, 2000/2001.</li> </ul>

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung

Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!

Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung

Notwendige Vorkenntnisse: eine Grundvorlesung in Mathematik (Lineare Algebra I oder Analysis I)

Nützliche Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I

Beachten Sie ergänzend hierzu auch die Angaben im jeweils aktuellen [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern!](#)



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Mathematische Logik	07LE23MO-MSc14-WM9-4-Logik
Veranstaltung	
Mathematische Logik: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-4-Logik

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Sommersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelltheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-4- ModTh
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Amador Martin Pizarro	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Mathematische Logik Kenntnisse aus der Algebra (für das Verständnis von Beispielen) und topologische Grundbegriffe sind nützlich.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Modelltheorie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Modelltheorie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Modelltheorie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Modelltheorie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Mathematischen Logik, die sie dadurch vertiefen.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung

- Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs.
- Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine

Zu erbringende Studienleistung

Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im [Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern](#) veröffentlicht.

Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: eventuell zusätzliche mündliche Prüfung.

Benotung

- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit  $9/(N-1)$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit  $9/N$  in die Gesamtnote ein, wobei  $N$  die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.
- Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.

Lehrmethoden

- Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;
- schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;
- Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.

Studiengangschwerpunkte

Logik

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.
- Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für die Module „Reine Mathematik“, „Mathematik“ und das Vertiefungsmodul im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).
- Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelltheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-4-ModTh
<b>Veranstaltung</b>	
Modelltheorie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-4-ModTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Modelltheorie untersucht den Zusammenhang zwischen formalen Eigenschaften einer Theorie T erster Stufe und den algebraischen Eigenschaften ihrer Modelle. Themen sind u. a.: Quantorenelimination, Aleph <sub>0</sub> -Kategorizität und Satz von Ryll-Nardzewski, Aleph <sub>1</sub> -Kategorizität, Satz von Morley und Satz von Baldwin-Lachlan.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ K. Tent, M. Ziegler: <i>A course in model theory</i>. Cambridge University Press 2012.</li> <li>■ D. Marker: <i>Model Theory: An introduction</i>. Springer 2002.</li> <li>■ W. Hodges: <i>A shorter Model Theory</i>. Cambridge University Press 1997.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Mathematische Logik Nützliche Vorkenntnisse: Algebra (zum Verständnis von Beispielen), topologische Grundbegriffe

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Modelltheorie	07LE23MO-MSc14-WM9-4- ModTh
Veranstaltung	
Modelltheorie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-4-ModTh

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Wintersemester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- Top
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sebastian Goette	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I, II

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Topologie: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Topologie: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die mathematische Fach- und Formelsprache der Topologie und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der allgemeinen und algebraischen Topologie mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</li> <li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis, die sie dadurch vertiefen, und können topologische Methoden in anderen Gebieten der Mathematik wie zum Beispiel Algebra, Analysis oder Geometrie anwenden.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Klausur (Dauer 60-180 Minuten)</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
Zu erbringende Studienleistung
Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht. Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: zusätzlich Bestehen der Klausur.
Benotung
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit <math>9/(N-1)</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit <math>9/N</math> in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
Studiengangschwerpunkte
Geometrie und Topologie
Verwendbarkeit des Moduls
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3- Top
<b>Veranstaltung</b>	
Topologie: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-3-Top

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Topologische Grundbegriffe (Hausdorffräume, Lemmata von Urysohn und Tietze, Abzählbarkeitsaxiome, Kompaktheit, Zusammenhang)</li> <li>■ Konstruktion von Topologien (Unterräume, Produkte, Summen, Quotienten)</li> <li>■ Homotopien, Fundamentalgruppe, Satz von Seifert-van Kampen</li> <li>■ Überlagerungen, Liftingssätze, universelle Überlagerung</li> <li>■ Kategorien, Funktoren, universelle Eigenschaften</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ K. Jänich: <i>Topologie</i> (8. Auflage), Springer, 2005.</li> <li>■ B. v. Querenburg: <i>Mengentheoretische Topologie</i> (3. Auflage), Springer, 2001.</li> <li>■ L. A. Steen, J. A. Seebach: <i>Counterexamples in Topology</i> (Second Edition), Springer, 1978</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendige Vorkenntnisse: Lineare Algebra I, Analysis I, II



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Topologie	07LE23MO-MSc14-WM9-3-Top
Veranstaltung	
Topologie: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-3-Top

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Variationsrechnung	07LE23MO-MSc14-WM9-2- Variation
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Ernst Kuwert Prof. Guofang Wang	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	9,0
Arbeitsaufwand	270 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	6,0
Präsenzstudium	ca. 90 Stunden
Selbststudium	ca. 180 Stunden
Mögliche Fachsemester	1;2;3
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Notwendige Vorkenntnisse: Siehe bei der Vorlesung oder im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a>
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Notwendig: Funktionalanalysis Nützlich: Partielle Differentialgleichungen, Numerik partieller Differentialgleichungen

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Variationsrechnung: Vorlesung	Vorlesung	Wahlpflicht		4,0	
Variationsrechnung: Übung	Übung	Wahlpflicht		2,0	

Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden kennen die Inhalte der Vorlesung – insbesondere die vermittelten Problemstellungen, Konzepte, Begriffe, Definitionen, Sätze, Beweise, Beweistechniken und Berechnungsverfahren.</li> <li>■ Sie können Variationsprobleme formulieren und kennen verschiedene Beispiele für Variationsintegrale. Sie kennen notwendige und hinreichende Bedingungen für die Existenz von Minimierern und beherrschen die dazu notwendigen funktionalanalytischen Hilfsmittel. Sie sind ferner mit Techniken vertraut, die erlauben, die Existenz von Minimierern auch ohne vorliegende Kompaktheit zu zeigen.</li> <li>■ Sie kennen und verstehen die verwendete mathematische Fach- und Formelsprache und können diese nutzen, um sich mündlich wie schriftlich mathematisch präzise und nachvollziehbar auszudrücken und korrekt zu argumentieren.</li> <li>■ Sie können typische Fragestellungen aus dem Bereich der Variationsrechnung mit Hilfe der erlernten Konzepte analysieren, Lösungsstrategien entwickeln, Vermutungen überprüfen, mathematisch exakte</li> </ul>

<p>Beweise führen, vorgelegte Beweisideen auf Korrektheit prüfen und typische Übungsaufgaben selbstständig lösen.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Sie erkennen die Zusammenhänge mit anderen Vorlesungen aus der Mathematik, insbesondere mit den Grundlagen aus der Analysis sowie partiellen Differentialgleichungen, die sie dadurch vertiefen. Die Studierenden können Anwendungsbeispiele aus der Physik nennen.</li></ul>
<p>Zu erbringende Prüfungsleistung</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Mündliche Prüfung in Form eines ca. 30-minütigen Prüfungsgesprächs.</li><li>■ Bei Verwendung als Wahlmodul/„Elective“: keine</li></ul>
<p>Zu erbringende Studienleistung</p> <p>Bestehen der Übungen: Die genauen Anforderungen dafür werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.</p>
<p>Benotung</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2021) geht die Modulnote mit 9/(N-1) in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012) geht die Modulnote mit 9/N in die Gesamtnote ein, wobei N die Summe der ECTS-Punkte aller mit Prüfungsleistungen absolvierten Module ist.</li><li>■ Als Wahlmodul im Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengang Mathematik und im M.Sc.-Studiengang Mathematik sowie als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024) ist das Modul unbenotet.</li></ul>
<p>Lehrmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Tafelvortrag des Dozenten/der Dozentin mit Vor- und Nachbereitung durch die Studierenden, teils in den begleitenden Tutoraten;</li><li>■ schriftliche Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben durch die Studierenden und anschließende Korrektur;</li><li>■ Besprechung der Aufgaben und Präsentation von Lösungen in den begleitenden Tutoraten.</li></ul>
<p>Verwendbarkeit des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Wahlpflichtmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021); geeignet für „Vorlesung mit Übung A–D“ bzw. „A–C“, zählt zur Reinen Mathematik.</li><li>■ Mit Klausur als Teil der Studienleistung: Wahlmodul in der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021) und im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Reine Mathematik“ im M.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2014).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar für das Modul „Mathematische Vertiefung“ im M.Ed.-Studiengang Mathematik (PO 2018) und im M.Ed.-Studiengang „Mathematik als Erweiterungsfach mit 120 ECTS-Punkten“ (PO 2021).</li><li>■ Vorlesung und Übung sind verwendbar als „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024).</li></ul>



Name des Moduls	Nummer des Moduls
Variationsrechnung	07LE23MO-MSc14-WM9-2-Variation
Veranstaltung	
Variationsrechnung: Vorlesung	
Veranstaltungsart	Nummer
Vorlesung	07LE23V-2-Variation

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	4,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Eindimensionale Variationsrechnung, Euler-Lagrange-Gleichungen, konvexe Funktionale und Unterhalbstetigkeit, Existenz von Minimierern, Variationsprobleme mit Nebenbedingungen, kompensierte Kompaktheit und konzentrierte Kompaktheit, Mountain-Pass-Lemma, Anwendungen: Existenz von Geodätschen, H-Flächen.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J. Jost, X. Li-Jost: <i>Calculus of Variations</i>, Cambridge University Press, 1999.</li> <li>■ M. Struwe: <i>Variational Methods</i> (Fourth Edition), Springer, 2008.</li> </ul>
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung. Bitte beachten Sie die im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> beschriebenen notwendigen Vorkenntnisse!
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
<p>Notwendig: Funktionalanalysis            Nützlich: Partielle Differentialgleichungen, Numerik partieller Differentialgleichungen</p>

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Variationsrechnung	07LE23MO-MSc14-WM9-2-Variation
Veranstaltung	
Variationsrechnung: Übung	
Veranstaltungsart	Nummer
Übung	07LE23Ü-2-Variation

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet einmalig oder unregelmäßig statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	deutsch

Inhalte
Die Übung begleitet die Vorlesung mit Übungsaufgaben zum Vorlesungsstoff.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Die zu erbringenden Studien- und Prüfungsleistungen hängen vom Studiengang und vom Modul ab, in dem die Veranstaltung verwendet wird. Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Keine formale Voraussetzung, die Teilnahme an der gleichnamigen Vorlesung ist aber zum Verständnis der Übungen notwendig. Vorkenntnisse siehe bei der Vorlesung bzw. im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .

↑

Name des Kontos	Nummer des Kontos
Electives: andere Veranstaltungen	07LE23KT-MScD24-E-sonst
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
----------------------------	-------------

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar	07LE23MO-MScD24-E6-Sem1
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	6,0
Arbeitsaufwand	ca. 180 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Präsenzstudium	ca. 40 Stunden
Selbststudium	ca. 140 Stunden
Mögliche Fachsemester	2;3;4
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Vergabe eines Seminarplatzes bei den Vorbesprechungen am Ende des Vorsemesters.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> sind semesterweise die wählbaren Seminare und die jeweils vorausgesetzten Vorkenntnisse beschrieben.
Die Seminarplätze und einzelnen Vortragsthemen werden üblicherweise innerhalb der Vorbesprechungen am Ende des Vorsemesters vergeben. Die Vorbesprechungstermine werden jeweils rechtzeitig vorab im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> zu den Lehrveranstaltungen bekanntgegeben.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Mathematical Seminar	Seminar	Wahlpflicht		2,0	

Inhalte
In einem Seminar wird ein vertieftes wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur erarbeitet und dann in Vorträgen präsentiert.
Die konkreten Inhalte des Moduls hängen vom gewählten Seminar ab; die Inhalte der wählbaren Seminare sind semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> des Mathematischen Instituts beschrieben.
Lern- und Qualifikationsziele des Moduls

- Die Studierenden können sich in ein wissenschaftliches Thema der Mathematik durch Lektüre von Fachliteratur selbstständig, aber unter fachlicher Begleitung einarbeiten.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Studierenden können dieses Thema didaktisch aufbereiten und in freiem Vortrag anschaulich, verständlich und fachlich korrekt vortragen; sie können Fragen zum Vortragsthema beantworten und sich einer kritischen Diskussion stellen.</li><li>■ Die Studierenden können fachliche Fragen zu Vorträgen formulieren und Vorträge konstruktiv-kritisch begleiten.</li></ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Zu erbringende Prüfungsleistung
---------------------------------

keine
-------

Zu erbringende Studienleistung
--------------------------------

Gestaltung einer ca. 90-minütigen Seminarsitzung mit Vortrag und Diskussion. Weitere zu erbringende Studienleistungen hängen vom gewählten Seminar ab. Die genauen Anforderungen werden semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> veröffentlicht.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Benotung
----------

unbenotet
-----------

Verwendbarkeit des Moduls
---------------------------

Seminare aus den Bereichen Reine Mathematik und Mathematische Logik sind als „Electives“ wählbar.
---------------------------------------------------------------------------------------------------

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Seminar	07LE23MO-MScD24-E6-Sem1
Veranstaltung	
Mathematical Seminar	
Veranstaltungsart	Nummer
Seminar	07LE23S-0-NN

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprache	englisch

Inhalte
Die Themen hängen vom jeweils gewählten Seminar ab. Im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> sind jeweils die innerhalb eines Semesters als Mathematical Seminar wählbaren Seminare genauer beschrieben.
Zu erbringende Prüfungsleistung
[siehe beim Modul]
Zu erbringende Studienleistung
[siehe beim Modul]
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
[siehe beim Modul]

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lernen durch Lehren	07LE23MO-MScD24-E3-LdL
Verantwortliche/r	
Dr. Susanne Knies	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	3,0
Arbeitsaufwand	90 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	3;4
Moduldauer	ein Semester
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Übernahme eines zweistündigen Tutorats oder zweier einstündiger Tutorate zu Mathematikvorlesungen des Mathematischen Instituts im gleichen Semester.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand
Lernen durch Lehren	andere (z.B. Kurse, Tutorien)	Wahlpflicht		2,0	

Inhalte
Reflexion über Inhalt und Methoden der zu mathematischen Vorlesungen angebotenen Übungsgruppen im Zuge eines selbst gehaltenen Tutorats.
Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden können ein Tutorat leiten und mathematische Inhalte darin präsentieren.</li> <li>■ Sie können die verwendeten Methoden reflektieren und sich darüber austauschen</li> <li>■ Sie intensivieren ihre im behandelten mathematischen Gebiet erworbenen Kompetenzen.</li> </ul>
Zu erbringende Prüfungsleistung
keine
Zu erbringende Studienleistung
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Teilnahme am begleitenden Workshop</li> <li>■ regelmäßige Teilnahme an den Tutorenbesprechungen</li> <li>■ zwei gegenseitige Tutoratsbesuche mit anderen Modulteilnehmern, Reflexion und Austausch über die Tutorate</li> </ul>
Benotung
unbenotet

Lehrmethoden

- Workshop mit Fallstudien und gegenseitigem Austausch
- gegenseitige Tutoratsbesuche mit anschließendem Austausch

Verwendbarkeit des Moduls

- Wahlmodul im B.Sc.-Studiengang Mathematik (PO 2012, PO 2021)
- Wahlmodul der Option „Individuelle Studiengestaltung“ des Zwei-Hauptfächer-Bachelor-Studiengangs Mathematik (PO 2021)
- Wahlmodul im M.Sc. Mathematik-Studiengang Mathematik (PO 2014)
- „Elective“ im M.Sc. Mathematics in Data and Technology (PO 2024)

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Lernen durch Lehren	07LE23MO-MScD24-E3-LdL
Veranstaltung	
Lernen durch Lehren	
Veranstaltungsart	Nummer
andere (z.B. Kurse, Tutorien)	07LE23T-7-LdL

ECTS-Punkte	
Semesterwochenstunden (SWS)	2,0
Mögliche Fachsemester	
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Wahlpflicht
Lehrsprachen	englisch, deutsch

Inhalte
Was macht ein gutes Tutorat aus? Im ersten Workshop wird diese Frage diskutiert, und es werden Tipps und Anregungen mitgegeben. Im zweiten Workshop werden die Erfahrungen ausgetauscht.
Zu erbringende Prüfungsleistung
Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Zu erbringende Studienleistung
Siehe im Modulhandbuch des Studiengangs beim Modul bzw. semesterweise im <a href="#">Kommentierten Vorlesungsverzeichnis mit den Ergänzungen zu den Modulhandbüchern</a> .
Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Übernahme eines zweistündigen Tutorats oder zweier einstündiger Tutorate zu Mathematikvorlesungen des Mathematischen Instituts im gleichen Semester.
Erwartete Vorkenntnisse und Hinweise zur Vorbereitung
Für die Zuteilung eines Tutorates werden neben einer gewissen mathematischen Erfahrung gute Kenntnisse der Inhalte der jeweiligen Lehrveranstaltung erwartet, zu der das Tutorat gehört. Typischerweise sollte man daher die betreffende Lehrveranstaltung zuvor selbst mit Erfolg besucht haben.

↑

Name des Moduls	Nummer des Moduls
Master Thesis	07LE23MO-MScD24-P-Thesis
Verantwortliche/r	
Prof. Dr. Sören Bartels Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber	
Fachbereich / Fakultät	
Mathematisches Institut	

ECTS-Punkte	30,0
Arbeitsaufwand	900 Stunden
Semesterwochenstunden (SWS)	
Mögliche Fachsemester	4
Moduldauer	sechs Monate
Pflicht/Wahlpflicht (P/WP)	Pflicht
Angebotsfrequenz	Findet in jedem Semester statt

Teilnahmevoraussetzung laut Prüfungsordnung
Erfolgreiche Absolvierung von mindestens 60 ECTS-Punkten im Studiengang M.Sc. Mathematics in Data and Technology.

Zugehörige Veranstaltungen					
Name	Art	P/WP	ECTS	SWS	Arbeitsaufwand

Inhalte
In einer mathematischen Master-Arbeit werden – in der Regel aktuelle – forschungsnahe mathematische Erkenntnisse nachvollzogen und ausgearbeitet, ggf. auch algorithmisch umgesetzt. Die konkreten Inhalte des Moduls hängen vom jeweiligen Thema der Master-Arbeit ab.
Die verwendeten Methoden und Ergebnisse der Master-Arbeit können Grundlage für einen Vortrag der Studierenden innerhalb der Graduate Student Speaker Series sein.
Lern- und Qualifikationsziele des Moduls
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden lernen, selbständig wissenschaftlich zu arbeiten und neue mathematische Ergebnisse zu finden und zu formulieren. Sie sind dazu in der Lage, ein tiefergehendes mathematisches Thema im Selbststudium unter Anleitung zu erarbeiten und die dazu nötige Fachliteratur zu verstehen.</li> <li>■ Die Studierenden können komplexe mathematische Zusammenhänge mathematisch präzise und in Fachleuten verständlicher Form schriftlich darstellen.</li> <li>■ In manchen Schwerpunktgebieten: Die Studierenden können einen komplexen mathematischen Algorithmus entwerfen, implementieren und die Implementierung für Fachleute verständlich dokumentieren.</li> <li>■ Die Studierenden können selbst erarbeitete mathematische Ergebnisse didaktisch aufbereiten und in freiem Vortrag einem Fachpublikum verständlich und fachlich korrekt präsentieren.</li> <li>■ Die Studierenden können Fragen zu ihrer Master-Arbeit beantworten und sich einer kritischen Diskussion stellen und ggf. sinnvolle Fragen zu den Master-Arbeiten von Kommilitonen stellen und deren Präsentationen konstruktiv-kritisch begleiten.</li> </ul>

Zu erbringende Prüfungsleistung
Anfertigung einer Master-Arbeit.
Benotung
Die Note der Prüfung geht (proportional zur Anzahl der ECTS-Punkte des Moduls und abhängig vom Umfang der als „Electives in Data“ gewählten Veranstaltungen) mit mindestens 30/95 und höchstens 30/77 in die Gesamtnote ein.
Lehrmethoden
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Betreutes Selbststudium und ggf. Programmierung für die Anfertigung der Master-Arbeit</li><li>■ Optional: Vortrag der Studierenden mit Fragen und Diskussion innerhalb der Graduate Student Speaker Series</li></ul>
Literatur
Literatur wird von dem jeweiligen Betreuer/der jeweiligen Betreuerin der Master-Arbeit angegeben.
Verwendbarkeit des Moduls
Das Modul ist Pflichtmodul des Studiengangs und kann nur in diesem verwendet werden.

↑

## Epilog

Die aktuelle Version des Modulhandbuchs wurde von der Studienkommission Mathematik am 30.06.2025 verabschiedet.