

Modulhandbuch Master of Science Mathematics

Qualifikationsziele des Studiengangs

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs Mathematics

- ... kennen die mathematischen Hauptdisziplinen, deren methodischen Ansätze und wechselseitigen Beziehungen.
- ... sind in der Lage, komplexe Probleme mit einem mathematischen Bezug zu erkennen, deren Lösbarkeit zu beurteilen und innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens zu lösen.
- ... können mathematische Methoden aus verschiedenen mathematischen Disziplinen flexibel anwenden. Weiterhin sind sie befähigt, die gewonnenen Erkenntnisse in andere Disziplinen der Mathematik und in Anwendungen zu übertragen.
- ... besitzen ein fortgeschrittenes Abstraktionsvermögen und können Grundmuster und Analogien in komplexen Problemstellungen erkennen.
- ... sind zu konzeptionellem, analytischem und logischem Denken in der Lage.
- ... verstehen mathematische Strukturen und sind in der Lage, auch komplexere mathematische Beweise zu führen.
- ... verstehen die Bedeutung von mathematischer Modellierung. Sie können mathematische Modelle für umfangreiche mathematische Aufgaben und auch für komplexe Aufgaben aus anderen Wissenschaften oder dem täglichen Leben erstellen. Darüber hinaus verfügen sie über eine breite Auswahl an Problemlösungsstrategien.
- ... können fortgeschrittene Methoden der mathematischen Software und Programmierung sowie der rechnergestützten Simulation zur Lösung von Probleme der Mathematik, der Informatik, der Physik, der Nanostruktur- oder der Wirtschaftswissenschaften einsetzen.
- ... beherrschen fortgeschrittene Strategien zum anwendungsbezogenen Methodentransfer.
- ... kennen weitergehende Begriffe und Konzepte in der Informatik, der Physik, der Nanostruktur- oder der Wirtschaftswissenschaften.
- ... können umfangreiche Probleme mit mathematischem Bezug einordnen, erkennen, formulieren und lösen.
- ... sind zur Kommunikation, auch in Englisch, befähigt und können ihre Arbeitsleistung in interdisziplinäre Arbeitsgruppen einbringen.
- ... sind mit den Beziehungen der mathematischen Disziplinen zu der Informatik, der Physik, der Nanostruktur- oder der Wirtschaftswissenschaften vertraut.
- ... sind in der Lage, eigenständig Problemlösungen auf der Basis aktueller Forschungsliteratur zu erarbeiten.
- ... können mathematische Probleme fundiert wissenschaftlich bearbeiten und erzielte Lösungen darstellen.
- ... sind befähigt, eigenverantwortlich in Industrie und Wirtschaft mathematisch tätig sein.
- ... können als wissenschaftliche Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeiter oder wissenschaftliche Assistentinnen bzw. Assistenten an wissenschaftlichen und öffentlichen Einrichtungen erfolgreich arbeiten.
- ... haben die Wichtigkeit kontinuierlicher; wissenschaftlicher Weiterbildung verinnerlicht.
- ... sind prinzipiell bereit, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in gesellschaftlich relevante Handlungszusammenhänge einzubringen.
- ... sind in der Lage, ein Promotionsstudium aufzunehmen.

Nummer / Number	MScMath MS1
Modulname / Module title	Seminar / Seminar
Art des Moduls / Module type	Pflichtmodul / Required module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... können selbstständig fortgeschrittene mathematische Literatur zu einem vorgegebenen Thema studieren oder komplexe Probleme aus Anwendungsgebieten mathematisch modellieren ... sind in der Lage, ein komplexes vorgegebenes Thema zu strukturieren und sowohl mündlich als auch schriftlich wiederzugeben Integrierte Schlüsselkompetenzen: ... eigenständiges Einarbeiten in ein komplexes mathematisches Thema anhand vorgegebener Literatur oder eigenständiges Modellieren eines komplexen Anwendungsproblems (Methodenkompetenz) ... zielgruppengerechtes mündliches und schriftliches Präsentieren, und wissenschaftliches Diskutieren eines komplexen mathematischen Themas (Kommunikationskompetenz) ... eigenständiges Strukturieren eines fortgeschrittenen mathematischen Themas oder eines komplexen Modellierungsprojekts (Organisationskompetenz)</p> <p>Students ... can independently study advanced mathematical literature to a given topic or model mathematically a complex applied problem ... are able to structure a complex given topic and to reproduce it in oral and written form Integrated key competencies: ... independent study of an advanced mathematical topic using given literature or mathematical modelling of a complex applied problem (methodic competency) ... target group adapted oral and written presentation and scientific discussion of a complex mathematical topic (communication competency) ... independent structuring of an advanced mathematical topic or a complex modelling project (organisation competency)</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	S 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Themen oder Modellierungsprojekte aus einem der Bereiche Analysis, Algebra, Diskrete Mathematik, Numerik oder Stochastik Topics or modelling projects from one of the fields analysis, algebra, discrete mathematics, numerical analysis or stochastics
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Seminar / Seminar
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Seminarvortrag, wissenschaftliche Diskussion, schriftliche Ausarbeitung Seminar talk, scientific discussion, written essay
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls / Frequency	Jährlich / Annually
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene Voraussetzungen / Recommended skills	Werden vom Dozenten vor Beginn des Seminars bekannt gegeben Announced by the lecturer before the beginning of the seminar
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 30h, Selbststudium 120h, Gesamt 150h Contact hours 30h, self-studies 120h, total 150h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Seminarvortrag / seminar talk
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung / Examination	Schriftliche Ausarbeitung / Written essay
Credits	6 credits (davon 2 integrierte Schlüsselkompetenzen) 6 credits (2 as integrated key competencies)
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler

Lehrende / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer / Blackboard, beamer
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten vor Beginn des Seminars bekannt gegeben Announced by the lecturer before the beginning of the seminar

Nummer / Number	MScMath MK1
Modulname / Module title	Additive Schlüsselkompetenzen / Additive Key Competences
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Elective required module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... erweitern ihre fachliche Kompetenzen durch additive Schlüsselkompetenzen aus dem fachübergreifenden Angebot der Universität ... erwerben z.B. zusätzliche interdisziplinäre Kompetenzen oder vertiefen ihre Kenntnisse in einer Fremdsprache oder leisten Gremienarbeit</p> <p>Students ... extend their expertise by additive key competences from the interdisciplinary choice offered by the university ... acquire e.g. additional interdisciplinary competences or deepen their knowledge in a foreign language or work on university committees</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Lehrinhalte / Contents	<p>Abhängig von der gewählten Veranstaltung</p> <p>Beispielhaft könnten folgende Veranstaltungen im Rahmen dieses Moduls belegt werden: Arbeiten mit Lern- und Kommunikationsplattformen, Entscheiden, Konflikt und Handeln, Grundlagen und Konzepte des Managements, Moderationstechnik, Technisches Englisch, Zeit- und Stressmanagement, Literaturrecherche, Projektmanagement, Personalführung.</p> <p>Es können eine oder mehrere Veranstaltungen, die im Vorlesungsverzeichnis der Universität Kassel unter der Rubrik „Fachbereichsübergreifende Schlüsselkompetenzen“ aufgeführt sind, ausgewählt werden. Für die einzelnen Veranstaltungen können in Absprache mit dem anbietenden Dozenten jeweils 1 bis 6 Credits vergeben werden. Mitarbeit in Gremien der Universität Kassel (z.B. Fachbereichsrat, Fachschaft, Studienausschuss, AStA) sind ebenfalls anrechenbar. Die Anzahl der für die besuchte Veranstaltung zu vergebenden Credits wird durch die jeweiligen Lehrenden geregelt. Der Nachweis für studentisches Engagement (Gremienarbeit) sowie der hierfür geleistete studentische Arbeitsaufwand/Zahl der Credits muss durch das Wahlamt der Universität Kassel, den AStA, der Leiterin/den Leiter des betreffenden Gremiums oder die Studiendekanin/den Studiendekan bescheinigt werden. Außerdem ist dem Modulverantwortlichen eine schriftliche Leistung im Umfang von 5 bis 10 Seiten vorzulegen (Bericht, Ausarbeitung zu einem verwandten Thema).</p> <p>Depends on selected courses</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Häufigkeit des Moduls Frequency	Jedes Semester Each semester
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Gesamt 180h Total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses

Prüfungsleistung Examination	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Credits	6 credits / 6 credits
Lehreinheit Teaching unit	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Medienformen / Media	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses
Literatur / Literature	Hängt von den gewählten Veranstaltungen ab Depends on selected courses

Nummer / Number	MScMath MA
Modulname / Module title	Masterabschlussmodul / Master's Degree Module
Art des Moduls / Module type	Pflichtmodul / Required module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Durch die Erstellung einer Masterarbeit zeigt die/der Studierende, dass sie/er in der Lage ist, sich innerhalb einer vorgegebenen Frist in ein mathematisches Problem einzuarbeiten, es mit im Studium erlernten Methoden zu lösen und die Ergebnisse in einer strukturierten und verständlichen Form darzustellen By writing a master thesis, the student demonstrates that s/he is able within a given time frame to get involved with a mathematical problem, to solve the problem with methods learned during their studies and to represent the results in a structured and understandable form.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Betreutes Selbststudium / Supervised self-study
Lehrinhalte / Contents	Eigenständige Bearbeitung eines mathematischen Problems Independent treatment of a mathematical problem
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Einzelbetreuung / Individual instruction
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Jedes Semester / Each semester
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Besuch einer dem Thema entsprechenden Vertiefungsvorlesung oder eines Seminars Attendance of a lecture or a seminar related to the topic of the thesis
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Die Anmeldung der Masterarbeit ist in der Prüfungsordnung geregelt. The registration of the master thesis is regulated in the examination rules.
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Selbststudium 900h Self-study 900h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Master-Kolloquium / master colloquium
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung Examination	Schriftliche Abschlußarbeit Written thesis
Credits	30 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	
Literatur / Literature	Hängt vom Thema der Arbeit ab / Depends on the topic of the thesis

Nummer / Number	MScMath MAUS
Modulname / Module title	Auslandsmodul / International Module
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende haben an einem Austauschprogramm mit einer Universität oder einer Institution im Ausland teilgenommen und haben dabei Module mit Inhalten absolviert, die für die Mathematik oder den gewählten Anwendungsschwerpunkt relevant sind. Students participated in an exchange programme with a university or an institution abroad and completed there modules with contents relevant either for mathematics or for the chosen subsidiary subject.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Wird im Learning Agreement festgelegt Declared in Learning Agreement
Lehrinhalte / Contents	Wird im Learning Agreement festgelegt Declared in Learning Agreement
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Wird im Learning Agreement festgelegt Declared in Learning Agreement
Lehr- und Lernformen Teaching methods	
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Jedes Semester / Each semester
Sprache / Language	Hängt von der besuchten Institution ab Depends on the chosen institution
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Gute Kenntnisse der an der gewählten Einrichtung verwendeten Sprache Good skills in the language used at the chosen institution
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Wird im Learning Agreement festgelegt Declared in Learning Agreement
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Keine / none
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung Examination	Gemäß den Vorgaben der aufnehmenden Institution. Die Gesamtnote des Moduls ergibt sich nach Genehmigung durch die/den Prüfungsausschussvorsitzende/n als nach den Credits gewichteter Mittelwert der im Ausland erzielten und im Transcript of Records dokumentierten Noten. According to the regulations of the receiving institution. The overall grade of the module is computed after acceptance through the head of the examination committee as the mean of the grades which have been achieved abroad and documented in the Transcript of Records weighted by the number of credits.
Credits	Bis zu 30 credits / Up to 30 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prüfungsausschussvorsitzende/r Head of examination committee
Lehrende des Moduls Lecturers	Hängt von der besuchten Institution ab Depends on the chosen institution
Medienformen / Media	
Literatur / Literature	

Nummer / Number	MScMath MV01
Modulname / Module title	Angewandte Funktionalanalysis / Applied functional analysis
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... vertiefen Kenntnisse über wichtige Strukturen und Methoden der Analysis, ... sehen die Bedeutung der Funktionalanalysis für Anwendungen sowohl innerhalb der angewandten Analysis als auch der Numerik, ... können Konzepte der Funktionalanalysis verstehen und eigenständig formulieren.</p> <p>Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... deepen their knowledge of important concepts and structures of analysis, ... are aware of the importance of functional analysis for applications in the fields of applied analysis and numerics, ... are able to understand and independently formulate concepts from functional analysis.</p> <p>In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Mögliche Themen kommen zum Beispiel aus der klassischen Funktionalanalysis (normierte Räume, lineare Abbildungen in normierten Räumen, Hilberträume, Dualräume, schwache Konvergenz, Hauptsätze der Operatortheorie, Spektrum von Operatoren, Funktionalkalkül) oder der Funktionenraumtheorie (Distributionentheorie, verallgemeinerte Ableitungsbegriffe, Sobolev-Räume und ihre Eigenschaften)</p> <p>Possible topics stem e.g. from classical functional analysis (normed spaces, linear operators on normed spaces, Hilbert spaces, dual spaces, weak convergence, main theorems on linear operators, spectral theory, functional calculus) or the theory of function spaces (distributions, generalized derivatives, Sobolev spaces and their properties)</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	<p>B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics</p>
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Analysis und linearer Algebra Basic knowledge in analysis and linear algebra
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets

Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Maria Specovius-Neugebauer
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the start of the module.

Nummer / Number	MScMath MV02
Modulname / Module title	Angewandte Statistik / Applied Statistics
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... haben die Fähigkeit zur Beschreibung und Interpretation empirischer Sachverhalte mittels deskriptiver statistischer Maße und graphischer Darstellungen,</p> <p>... kennen die grundlegenden Methoden der schließenden Statistik, ... können statistische Fragestellungen mit Hilfe von Statistiksoftware bearbeiten. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen.</p> <p>Students of the Bachelor and Master programs ... are able to describe and interpret empirical observations using descriptive statistical measures and graphical representations, ... have knowledge of the fundamental methods of statistics, ... are able to use software for statistical analysis.</p> <p>In addition, students of the Master program are able to transfer the presented concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS oder /or VL 2 SWS + Ü 1 SWS + PS 3 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Zunächst werden grundlegende Methoden der deskriptiven und schließenden Statistik behandelt, begleitet von einer effizienten Einführung in Statistiksoftware, bspw. R. Im weiteren Verlauf wird vertieft ein aktuelles Gebiet der angewandten Statistik behandelt. Mögliche Themen sind u.a. Punkt- und Bereichsschätzer, Tests, Regressionsanalyse, Diskriminanzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, statistische Grundlagen des maschinellen Lernens.</p> <p>Basic concepts of descriptive and inductive statistics are treated and an introduction to statistical programming is provided. In addition, a modern field of applied statistics is covered. Possible topics include estimators and confidence sets, tests, regression analysis, discriminant analysis, principal component analysis, statistical foundations of machine learning.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Projektarbeit Lectures, tutorials, project work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics Nebenfach Statistik in Kombi-Bachelor-Studiengängen / Subsidiary subject statistics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Einführung in die Stochastik“ Module „Introduction to Stochastics“
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten, ggf. Projektarbeit und Seminarvortrag; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests, possibly project work and seminar lecture; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module

Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min) oder projektbezogene Hausarbeit; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination or project related term paper; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV03
Modulname / Module title	Computeralgebra I / Computer Algebra I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... kennen wichtige Strukturen und Methoden der Computeralgebra, ... können algebraische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können algebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Computeralgebra theoretisch oder algorithmisch zu lösen. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... know important structures and methods of computer algebra ... are able to understand and formulate algebraic statements ... are able to understand and formulate algebraic algorithms ... are able to solve problems in computer algebra theoretically or algorithmically. In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen der Computeralgebra wie z.B. schnelle Arithmetik, modulares Rechnen, Faktorisierung, algebraische Zahlen, Vereinfachung und Normalformen, Primzahltests, algorithmische Summation, algorithmische Integration. / A selection of topics in computer algebra like e.g. fast arithmetics, modular computing, factorisation, algebraic numbers, simplification and normal forms, prime number tests, algorithmic summation, algorithmic integration
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. / The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen / Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Algebra (z.B. aus der Vorlesung „Grundlagen der Algebra und Computeralgebra“) / Basic knowledge in Algebra (e.g. from the course „Foundations of Algebra and Computeralgebra“)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen / Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits

Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik / All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV04
Modulname / Module title	Computeralgebra II / Computer Algebra II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Strukturen und Methoden der Computeralgebra, ... können algebraische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können algebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Computeralgebra theoretisch oder algorithmisch zu lösen. Students ... know important structures and methods of computer algebra ... are able to understand and formulate algebraic statements ... are able to understand and formulate algebraic algorithms ... are able to solve problems in computer algebra theoretically or algorithmically
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen der Computeralgebra, die in dem Modul „Computeralgebra I“ noch nicht behandelt wurden. A selection of topics in computer algebra which have not been treated in the module „Computer Algebra I“.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Computeralgebra I“ Module „Computer Algebra I“
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik

Lecturers	All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV05
Modulname / Module title	Differentialalgebra I / Differential Algebra I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Konzepte und Strukturen der Differentialalgebra, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können differentialalgebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Differentialalgebra theoretisch oder konstruktiv zu lösen. Students ... know important concepts and structures of differential algebra, ... are able to understand and formulate abstract mathematical statements ... are able to understand and formulate differential algebraic algorithms ... are able to solve problems in differential algebra theoretically or constructively
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen aus der Differentialalgebra wie z.B. Differentialringe und -körper, Differentialidealtheorie und zugehörige Algorithmen, differentielle Galois-Theorie, D-Modultheorie, holonome Systeme, Lie-Symmetrien von Differentialgleichungen A selection of topics in differential algebra like e.g. differential rings and fields, differential ideal theory and corresponding algorithms, differential Galois theory, D-module theory, holonomic systems, Lie symmetries of differential equations
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Algebra (z.B. aus der Vorlesung „Grundlagen der Algebra und Computeralgebra“) Basic knowledge in Algebra (e.g. from the course „Foundations of Algebra and Computeralgebra“)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul /Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehrinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik

Lecturers	All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV06
Modulname / Module title	Differentialalgebra II / Differential Algebra II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Konzepte und Strukturen der Differentialalgebra, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können differentialalgebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Differentialalgebra theoretisch oder konstruktiv zu lösen. Students ... know important concepts and structures of differential algebra, ... are able to understand and formulate abstract mathematical statements ... are able to understand and formulate differential algebraic algorithms ... are able to solve problems in differential algebra theoretically or constructively
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen aus der Differentialalgebra, die in dem Modul „Differentialalgebra I“ noch nicht behandelt wurden. A selection of topics in differential algebra which have not been treated in the module „Differential Algebra I“.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Übungsblätter Lectures, tutorials, exercise sheets
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Differentialalgebra I“ Module „Differential Algebra I“
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics

Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV08
Modulname / Module title	Dynamische Systeme / Dynamical Systems
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Konzepte und Begriffe zu dynamischen Systemen, ... kennen wichtige qualitative Eigenschaften dynamischer Systeme, ... können konkrete dynamische Systeme qualitativ untersuchen. Students ... know important concepts and notions of dynamical systems, ... know important qualitative properties of dynamical systems ... are able to analyse qualitatively concrete dynamical systems
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen aus der Theorie dynamischer System wie z.B. Stabilität, invariante Mannigfaltigkeitenst, Bifurkationen, Störungstheorie, Anwendungen in der anderen Wissenschaften wie Biologie, Physik oder Ingenieurwissenschaften A selection of topics in the theory of dynamical systems like e.g. stability, invariant manifolds, bifurcations, perturbation theory, applications in other sciences like biology, physics or engineering
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Übungsblätter Lectures, tutorials, exercise sheets
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Höhere Analysis“ Module „Advanced Analysis“
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter

	Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV09
Modulname / Module title	Einführung in die mathematische Physik / Introduction to mathematical Physics
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ...können Werkzeuge der Analysis auf Probleme anwenden, um konkrete physikalische Fragen im Kontext des Problems zu beantworten. ...verstehen die Notwendigkeit der Entwicklung mathematischer Methoden für die Beschreibung physikalischer Probleme. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen.</p> <p>Students of the Bachelor and Master programs ...can apply analytical tools in order to answer concrete physical questions. ...understand the need for the development of mathematical methods in order to accurately describe physical problems. In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS , Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Mögliche Themen sind zum Beispiel lineare partielle Differentialgleichungen (PDGlen) zweiter Ordnung und ihre Bedeutung in der klassischen Mechanik, Spektraltheorie, Einführung in die mathematische Kontinuumsmechanik (Elastizitätstheorie, Strömungsmechanik), Schrödingergleichungen oder Reaktions-Diffusionsgleichungen.</p> <p>Possible topics cover for instance linear partial differential equations (PDEs) of second order and their origin from classical mechanics, spectral theory, introduction to mathematical continuum mechanics (elasticity, fluid mechanics), Schrödinger equations or reaction diffusion equations.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Analysis, linearer Algebra und Vektoranalysis Basic knowledge in analysis, linear algebra and vector analysis
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen / Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	<p>Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt.</p> <p>Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).</p>
Credits	10 credits

Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Dorothee Knees
Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik / All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the start of the module.

Nummer / Number	MScMath MV10
Modulname / Module title	Einführung in partielle Differentialgleichungen / Introduction to partial differential equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... kennen die drei grundlegenden Typen partieller Differentialgleichungen 2. Ordnung, ... entwickeln ein Verständnis dafür, welche grundlegenden physikalischen Phänomene damit beschrieben werden können, ...kennen grundlegende Techniken im Umgang mit partiellen Differentialgleichungen und können damit argumentieren. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... know the three basic types of second order partial differential equations, ... know which physical phenomena can be modeled with this sort of equation, ... know basic techniques to treat partial differential equations and are able to apply them. In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Mögliche Themen sind zum Beispiel lineare partielle Differentialgleichungen (PDGlen) erster Ordnung, Klassifikation von PDGlen zweiter Ordnung, Fundamentallösungen und Integraldarstellungen von Lösungen, Lokale Existenzsätze, schwache Lösungen, Energiemethoden. Possible topics cover for instance linear partial differential equations (PDEs) of first order, classification of PDEs of second order, fundamental solutions and representation of solutions as integrals, local existence results, weak solutions, energy methods.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch / German
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Analysis, linearer Algebra und Vektoranalysis Basic knowledge in analysis, linear algebra and vector analysis
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt.

	Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Dorothee Knees
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the start of the module.

Nummer / Number	MScMath MV11
Modulname / Module title	Evolutionsgleichungen / Evolution Equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen elementare Lösungsmethoden für Evolutionsgleichungen, ... können einfache Evolutionsgleichungen auf ihre qualitativen Eigenschaften hin untersuchen, ... können verschiedenen Typen von Evolutionsgleichungen jeweils passende Lösungsstrategien zuordnen. Students ... know basic solution strategies for evolution equations ... are able to investigate basic qualitative properties of evolution equations ...are able to assign appropriate solution strategies to different types of evolution equations
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Mögliche Inhalte sind: verschiedene analytische Lösungsmethoden für Evolutionsgleichungen (z.B. Halbgruppentheorie, Zeitdiskretisierungsverfahren, Energiemethoden), qualitative Eigenschaften von Evolutionsgleichungen und insbesondere Langzeitverhalten, asymptotische Methoden. Possible topics are: different analytic solution strategies for evolution equations (e.g. semi-group theory, time discretization, energy methods), qualitative properties of evolution equations and in particular long-time behavior, asymptotic methods.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis (z.B. der Vorlesungen Funktionalanalysis, Partielle Differentialgleichungen oder Variationsrechnung) Basic knowledge in analysis (e.g. from the course Functional Analysis, Partial Differential Equations or Calculus of Variations)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung Prüfungsleistung / Prerequisites examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehrinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Dorothee Knees
Lehrende des Moduls	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik

Lecturers	All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV12
Modulname / Module title	Finite-Elemente-Methoden Finite element methods
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... besitzen grundlegende Fähigkeiten zur Lösung mathematischer Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, ... verfügen über Problemlösungskompetenz, ... sind in der Lage mathematische Modelle zu entwickeln, ... sind mit Finite-Elemente-Methoden zur gezielten, problemorientierten Lösung und Analyse elliptischer Differentialgleichungen vertraut, ... sind selbständig in der Lage Finite-Elemente-Methoden in Computerprogramme umzusetzen <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have basic knowledge of solving mathematical problems arising from natural sciences, technology and economy. ... have solution solving competencies, ... are able to develop mathematical models, ... have knowledge of finite element methods for the problem-oriented solution and ... analysis of elliptic differential equations, ... are able to implement finite element methods in computer programs on their own.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Lecture: 4 SWS Discussion: 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<ul style="list-style-type: none"> ... Hilbertraum-Methoden zur numerischen Lösung linearer Randwertaufgaben ... Ritz-Galerkin-Verfahren ... Finite-Elemente-Räume (allgemeines Konstruktionsprinzip, Eigenschaften) ... Interpolationsabschätzungen ... inverse Ungleichungen ... Konvergenzaussagen ... Hilbert space methods for the numerical solution of linear boundary value problems, ... Ritz-Galerkin method, ... finite element spaces (construction, properties), ... interpolation estimates, inverse inequalities, converge theorems.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Finite-Elemente-Methoden (mit Übungen) Finite element methods (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesung, Lehrgespräch, Einzel- und Gruppenarbeit Lecture, seminar, individual and group work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Fundierte Kenntnisse der Analysis und der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Grundlegende Erfahrungen zur numerischen Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen gemäß Modul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen. Wünschenswert sind Kenntnisse der Funktionalanalysis. Profound knowledge of analysis and ordinary differential equations. Basic knowledge of solving ordinary differential equations numerically (numerical methods for ordinary differential equations). Desirable: functional analysis.
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Vorlesung (4 SWS): 60 h/ Übung (2 SWS): 30 h/ Selbststudium: 210 h/ Gesamt: 300 h Lecture (4 SWS): 60 h/ Discussion (2 SWS): 30 h/ Self-study: 210 h/ Total: 300 h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mind. 50% der Gesamtpunktzahl Regular submission of assignments, at least 50% of the total score
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Keine / none

Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	N.N.
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Braess: Finite Elemente - Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie, Springer. Brenner, Scott: The Mathematical Theory of Finite Element Methods, Springer. Ciarlet: The finite element method for elliptic problems, North Holland. Ciarlet, Lions: Handbook of Numerical Analysis, Volume II, North Holland. Ern, Guermond: Theory and practice of finite elements. Springer Goering, Roos, Tobiska: Finite-Element-Methode, Akademie-Verlag. Goering, Roos, Tobiska: Die Finite-Elemente-Methode für Anfänger. Wiley-VCH.

Nummer / Number	MScMath MV13
Modulname / Module title	Funktionentheorie / Complex Analysis
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Strukturen und Methoden der Funktionentheorie, ... können funktionentheoretische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, funktionentheoretische Probleme zu lösen. Students ... know important structures and methods of complex analysis ... are able to understand and formulate complex analytic statements ... are able to solve complex analytic problems
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS oder/or 2 x (VL 2 SWS + Ü 1 SWS)
Lehrinhalte / Contents	Themen können u.a. sein: Rechnen mit komplexen Zahlen, komplexe Funktionen und komplexe Differenzierbarkeit, Cauchyscher Integralsatz, Cauchysche Integralformel, Potenzreihen und analytische Funktionen, Singularitäten, Laurent-Reihen, Residuensatz, analytische Fortsetzbarkeit. Topics can be among others: complex numbers, complex functions and complex differentiability, Cauchy's integral theorem, Cauchy's integral formula, power series and analytic functions, singularities, Laurent series, analytic continuability.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. / The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit / Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Analysis Basic knowledge in analysis
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. / Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV14
Modulname / Module title	Geometrie und Topologie / Geometry and Topology
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige Strukturen und Methoden der Differentialgeometrie oder der Topologie, ... können geometrische oder topologische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, geometrische oder topologische Probleme zu lösen. Students ... know important structures and methods of differential geometry or topology ... are able to understand and formulate geometric or topological statements ... are able to solve geometric or topological problems
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS oder/or 2 x (VL 2 SWS + Ü 1 SWS)
Lehrinhalte / Contents	Eine Auswahl an Themen aus der Differentialgeometrie und/oder der Topologie wie z.B. differenzierbare Mannigfaltigkeiten, Tangentialbündel, Vektorfelder, Differentialformen, Integration auf Mannigfaltigkeiten, Riemannsche Mannigfaltigkeiten, topologische Räume, Stetigkeit, Holonomie, Fundamentalgruppe, Transversalität. A selection of topics in differential geometry and/or topology as e.g. differentiable manifolds, tangent bundle, vector fields, differential forms, integration on manifolds, Riemannian manifolds, topological spaces, continuity, holonomy, fundamental group, transversality
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Analysis und Lineare Algebra Basic knowledge in analysis and linear algebra
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik

Lecturers	All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV15
Modulname / Module title	Höhere Funktionalanalysis I / Advanced Functional Analysis I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen fortgeschrittene Argumente der Funktionalanalysis, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und aus funktionalanalytischer Sicht formulieren, ... können Argumente und Prinzipien der Funktionalanalysis innerhalb der angewandten Analysis und Numerik anwenden. Students ... know advanced functional analytic arguments ... are able to understand and formulate abstract statements using functional analysis ... are able to apply arguments and concepts from functional analysis to problems from applied analysis and numerics.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Mögliche Inhalte sind: Einführung in Funktionenräume (z.B. Distributionentheorie und Sobolevräume) und erste Anwendungen, nichtlineare Funktionalanalysis (z.B. Fixpunktsätze, maximal monotone Operatoren, Abbildungsgrad) mit Anwendungen, Operatortheorie, Potentialtheorie, singuläre Integrale, Funktionalkalkül oder geometrische Maßtheorie. Possible topics are: Introduction to function spaces (e.g. theory of distributions, Sobolev spaces) and applications, nonlinear functional analysis (e.g. fixed point theorems, maximal monotone operators, degree theory), operator theory, potential theory, singular integrals, functional calculus or geometric measure theory.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. / The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis (z.B. der Module „Angewandte Funktionalanalysis“ oder „Einführung in Partielle Differentialgleichungen“) Basic knowledge in analysis (e.g. from the module “Applied Functional Analysis” or “Introduction to Partial Differential Equations”)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Arbeitsaufwand / workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen / Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen / Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehrereinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Maria Specovius-Neugebauer

Lehrende / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik /All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV16
Modulname / Module title	Höhere Funktionalanalysis II / Advanced Functional Analysis II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... kennen fortgeschrittene Argumente der Funktionalanalysis, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und aus funktionalanalytischer Sicht formulieren, ... können komplexe Argumente und Prinzipien der Funktionalanalysis innerhalb der angewandten Analysis.</p> <p>Students ... know advanced functional analytic arguments ... are able to understand and formulate abstract statements using functional analysis ... are able to apply advanced arguments and concepts from functional analysis to problems from applied analysis.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Mögliche Inhalte sind eine Auswahl an weiterführenden Themen, die im Modul „Höhere Funktionalanalysis I“ noch nicht behandelt wurden. Weitere mögliche Themen sind Interpolationstheorie oder die Anwendung funktionalanalytischer Konzepte auf Gleichungen und Modelle der Kontinuumsmechanik oder Physik.</p> <p>A selection of more advanced topics which have not been treated in the module "Advanced Functional Analysis I". Further possible topics are interpolation theory or the application of advanced functional analytic concepts to equations and models from continuum mechanics or physics.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Modul "Höhere Funktionalanalysis I" Module "Advanced Functional Analysis I"
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen / Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehrinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Maria Specovius-Neugebauer
Lehrende des Moduls	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik

Lecturers	All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV17
Modulname / Module title	Kommutative Algebra I / Commutative Algebra I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... kennen wichtige Strukturen der Kommutativen Algebra und der Algebraischen Geometrie, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können algebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Kommutativen Algebra theoretisch oder konstruktiv zu lösen.</p> <p>Students ... know important structures of commutative algebra and of algebraic geometry ... are able to understand and formulate abstract mathematical statements ... are able to understand and formulate algebraic algorithms ... are able to solve problems in commutative algebra theoretically or constructively</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Wiederholung von Grundbegriffen der Kommutativen Algebra und Algebraischen Geometrie (insbesondere Ideale und Varietäten); eine Auswahl an weiterführenden Themen wie z.B. Dimensionstheorie, Irreduzibilität und Primärzerlegung, Ganzheit, Hilbert-Funktion oder lokale Ringe</p> <p>Repetition of basic concepts in commutative algebra and algebraic geometry (in particular ideals and varieties); a selection of more advanced topics like e.g. dimension theory, irreducibility and primary decomposition, integrality, Hilbert functions or local rings</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	<p>Grundlegende Kenntnisse in Algebra (z.B. aus der Vorlesung „Grundlagen der Algebra und Computeralgebra“)</p> <p>Basic knowledge in Algebra (e.g. from the course „Foundations of Algebra and Computeralgebra“)</p>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	<p>Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern</p> <p>Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets</p>
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	<p>Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt</p> <p>Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module</p>
Credits	10 credits

Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV18
Modulname / Module title	Kommutative Algebra II / Commutative Algebra II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... kennen wichtige Strukturen der Kommutativen Algebra und der Algebraischen Geometrie, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können algebraische Algorithmen verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme der Kommutativen Algebra theoretisch oder konstruktiv zu lösen. <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... know important structures of commutative algebra and of algebraic geometry ... are able to understand and formulate abstract mathematical statements ... are able to understand and formulate algebraic algorithms ... are able to solve problems in commutative algebra theoretically or constructively
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Eine Auswahl an weiterführenden Themen, die in dem Modul „Kommutative Algebra I“ noch nicht behandelt wurden. Weitere mögliche Themen sind Begriffe aus der homologischen Algebra wie injektive, projektive und freie Moduln oder Auflösungen oder Anwendungen in der algebraischen Geometrie wie z.B. reguläre und rationale Funktionen, Singularitäten, Tangentialraum und -kegel.</p> <p>A selection of more advanced topics which have not been treated in the module „Commutative Algebra I“. Further possible topics are notions from homological algebra like injective, projective and free modules or resolutions or applications in algebraic geometry like e.g. regular and rational functions, singularities, tangent space and cone.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. / The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen / Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene Voraussetzungen / Recommended skills	Modul „Kommutative Algebra I“ / Module „Commutative Algebra I“
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen / Nongraduated learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen / Successful completion of the nongraduated learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehrinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler

Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik / All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV19
Modulname / Module title	Kryptographie und Codierungstheorie / Cryptography and Coding Theory
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... kennen wichtige Strukturen und Methoden der Kryptographie oder der Codierungstheorie, ... können Sachverhalte aus der Kryptographie oder der Codierungstheorie verstehen und formulieren, ... kennen grundlegende Anwendungen der Kryptographie oder der Codierungstheorie, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme aus der Kryptographie oder der Codierungstheorie zu lösen. <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... know important structures and methods of cryptography or coding theory ... are able to understand and formulate statements from cryptography or coding theory ... know basic applications of cryptography or coding theory ... are able to solve problems in cryptography or coding theory
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS oder/or 2 x (VL 2 SWS + Ü 1 SWS)
Lehrinhalte / Contents	<p>Eine Auswahl an Themen aus der Kryptographie oder der Codierungstheorie wie z.B. symmetrische und asymmetrische Kryptosysteme, lineare Schieberegister, diskrete Logarithmen, Primzahltests, elliptische Kurven, fehlererkennende und fehlerkorrigierende Codes, lineare Codes, Reed-Solomon-Codes.</p> <p>A selection of topics in cryptography or coding theory as e.g. symmetric and asymmetric crypto systems, linear shift registers, discrete logarithms, primality tests, elliptic curves, error detecting and error correcting codes, linear codes, Reed-Solomon codes</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module.
Credits	10 credits

Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Werner M. Seiler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV20
Modulname / Module title	Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie / Measure and Probability Theory
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... können auf allgemeinen Maßräumen integrieren, ... sind mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie vertraut, ... kennen die Denkweisen und Techniken der Wahrscheinlichkeitstheorie, ... haben die Grundlagen für vertiefende Vorlesungen in der Stochastik erworben. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... are able to integrate on general measure spaces, ... are familiar with measure-theoretic probability theory, ... know the ways of thinking and the techniques of probability theory, ... have acquired the theoretical background for advanced courses in stochastics. In addition, students of the Master program are able to transfer the presented concepts to closely related problems.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Maß und Integrationstheorie mit Ausrichtung auf Wahrscheinlichkeitstheorie, Konstruktion von (Familien von) Zufallsvariablen, Gesetze der großen Zahlen, charakteristische Funktionen, Zentrale Grenzwertsätze, bedingte Erwartungen, Ausblick zu Martingalen in diskreter Zeit Measure and integration theory with focus on probability theory, construction of (families of) random variables, laws of large numbers, characteristic functions, central limit theorems, conditional expectations, outlook on martingales in discrete time
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie (mit Übungen) Measure and Probability Theory (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Jährlich / annually
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Module „Einführung in die Analysis“, „Lineare Algebra“, „Einführung in die Stochastik“ Modules "Introduction to Analysis", "Linear Algebra", "Introduction to Stochastics"
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt.

	Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Bauer: Maß- und Integrationstheorie Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie Billingsley: Probability and Measure Kallenberg: Foundations of Modern Probability Klenke: Probability Theory – A Comprehensive Course Schilling: Maß und Integral Schilling: Wahrscheinlichkeit Weitere Literatur wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Further literature is announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV24
Modulname / Module title	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen Numerical methods for ordinary differential equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> ... besitzen grundlegende Fähigkeiten zur Lösung mathematischer Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, ... verfügen über Problemlösungskompetenz, ... sind selbständig in der Lage Algorithmen in Computerprogramme umzusetzen, ... besitzen Fähigkeiten bei der Analyse und Anwendung von Ein- und Mehrschrittverfahren. <p>Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen.</p> <p>Students of the Bachelor and Master programs</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have basic knowledge of solving mathematical problems arising from natural sciences, technology and economy. ... have solution solving competencies, ... are able to implement algorithms in computer programs on their own, ... have knowledge of the analysis and application of One-step and multi-step methods <p>In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Lecture: 4 SWS Discussion: 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<ul style="list-style-type: none"> ... Gewöhnliche Differentialgleichungen als Modelle realer Anwendungen ... Geometrische Interpretation: Linienelemente, Richtungsfeld, Isoklinen ... Integrations- und Differenzenansätze, Ein- und Mehrschrittverfahren, Konsistenz, Konvergenz und Stabilität ... ordinary differential equations modelling real life applications, ... geometric interpretation (line elements, slope field, isoclines), ... integration and differentiation schemes, one-step and multi-step methods, consistency, stability and convergence.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (mit Übungen) Numerical methods for ordinary differential equations (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesung, Lehrgespräch, Einzel- und Gruppenarbeit Lecture, seminar, individual and group work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis, der linearen Algebra. Fundierte Kenntnisse der Numerik gemäß den Modulen Numerik I und Numerik II. Fundamental knowledge of analysis and linear algebra. Profound knowledge of numerics (numerics I and numerics II).
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Vorlesung (4 SWS): 60 h/ Übung (2 SWS): 30 h/ Selbststudium: 210 h/ Gesamt: 300 h / Lecture (4 SWS): 60 h/ Discussion (2 SWS): 30 h/ Self-study: 210 h/ Total: 300 h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mind. 50% der Gesamtpunktzahl Regular submission of assignments, at least 50% of the total score
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Keine / none

Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Meister
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Burg, Haf, Wille, Meister: Höhere Mathematik für Ingenieure, Band III, Springer Vieweg, Brokate, Henze, Hettlich, Meister, Schranz-Kirlinger, Sonar: Grundwissen Mathematik Hairer, Norsett, Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I, Springer Hairer, Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II, Springer

Nummer / Number	MScMath MV25
Modulname / Module title	Numerik linearer Gleichungssysteme Numerical methods for systems of linear equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... besitzen grundlegende Fähigkeiten zur Lösung mathematischer Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, ... verfügen über Problemlösungskompetenz, ... sind selbständig in der Lage Algorithmen in Computerprogramme umzusetzen, ... besitzen Fähigkeiten bei der effizienten Lösung großer, schwachbesetzter, schlecht konditionierter Gleichungssysteme. Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... have basic knowledge of solving mathematical problems arising from natural sciences, technology and economy. ... have solution solving competencies, ... are able to implement algorithms in computer programs on their own, ... have knowledge of solving large sparse ill-conditioned systems of equations ... efficiently. In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Lecture: 4 SWS Discussion: 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Direkte und iterative Verfahren; Splitting-Methoden; Mehrgitterverfahren; Krylov-Unterraum-Verfahren; Präkonditionierung; Direct and iterative methods; splitting schemes; multigrid methods; Krylov subspace methods; preconditioning
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Numerik linearer Gleichungssysteme (mit Übungen) Numerical methods for systems of linear equations (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesung, Lehrgespräch, Einzel- und Gruppenarbeit Lecture, seminar, individual and group work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik/ B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis, der linearen Algebra. Fundierte Kenntnisse der Numerik gemäß den Modulen Numerik I und Numerik II. Fundamental knowledge of analysis and linear algebra. Profound knowledge of numerics (numerics I and numerics II).
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Vorlesung (4 SWS): 60 h/ Übung (2 SWS): 30 h/ Selbststudium: 210 h/ Gesamt: 300 h Lecture (4 SWS): 60 h/ Discussion (2 SWS): 30 h/ Self-study: 210 h/ Total: 300 h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mind. 50% der Gesamtpunktzahl Regular submission of assignments, at least 50% of the total score
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).

Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Meister
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Meister: Numerik linearer Gleichungssysteme, Teubner+Vieweg Brokate, Henze, Hettlich, Meister, Schranz-Kirlinger, Sonar: Grundwissen Mathematik, Springer Spektrum van der Vorst: Iterative Krylov Methods for Large Linear Systems, Cambridge University Press. Axelsson: Iterative Solution Methods, Cambridge University Press. Saad: Iterative Methods for Sparse Linear Systems, PWS Publishing Company. Meurant: Computer Solutions for Large Linear Systems, North-Holland. Kelly: Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations, SIAM. Greenbaum: Iterative Methods for Solving Linear Systems, SIAM.

Nummer / Number	MScMath MV26
Modulname / Module title	Numerik partieller Differentialgleichungen Numerical methods for partial differential equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... besitzen grundlegende Fähigkeiten zur Lösung mathematischer Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, ... verfügen über Problemlösungskompetenz, ... sind in der Lage mathematische Modelle zu entwickeln, ... besitzen die Fähigkeit zur gezielten, problemorientierten Lösung und Analyse partieller Differentialgleichungen Students ... have basic knowledge of solving mathematical problems arising from natural sciences, technology and economy. ... have solution solving competencies, ... are able to develop mathematical models, ... are able to solve and analyze partial differential equations in a problemoriented way.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS Lecture: 4 SWS Discussion: 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Klassifikation partieller Differentialgleichungen; Laplace-Gleichung; Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung; Reynoldsscher Transportsatz und Herleitung strömungsmechanischer Grundgleichungen; Finite Differenzen; Verfahren, Finite Elemente Methoden und Finite Volumen Verfahren; Konsistenz, Konvergenz und Stabilität; Classification of partial differential equations; Laplace equation, wave equation, heat equation; Reynolds transport theorem and derivation of the conservation laws of fluid; Mechanics; finite difference schemes, finite element schemes, finite volume schemes; consistency, stability and convergence.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Numerik partieller Differentialgleichungen (mit Übungen) Numerical methods for partial differential equations (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesung, Lehrgespräch, Einzel- und Gruppenarbeit Lecture, seminar, individual and group work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Fundierte Kenntnisse der Analysis und der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Grundlegende Erfahrungen zur numerischen Lösung gewöhnlicher sowie partieller Differentialgleichungen gemäß Modul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen Profound knowledge of analysis and ordinary differential equations. Fundamental experience in solving ordinary and partial differential equations numerically (numerical methods for ordinary differential equations)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul ,/‘ Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Vorlesung (4 SWS): 60 h/ Übung (2 SWS): 30 h/ Selbststudium: 210 h/ Gesamt: 300 h Lecture (4 SWS): 60 h/ Discussion (2 SWS): 30 h/ Self-study: 210 h/ Total: 300 h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mind. 50% der Gesamtpunktzahl Regular submission of assignments, at least 50% of the total score
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90 – 150 min.) oder alternativ mündliche Prüfung (25 - 40 min.) Die Form der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung vom Dozenten festgelegt. Written exam (90 - 150 min) or alternatively oral exam (25 - 40 min) The type of the exam will be chosen by the instructor.
Credits	10 credits

Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Meister
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Burg, Haf, Wille, Meister: Partielle Differentialgleichungen und funktionalanalytische Grundlagen, Vieweg+Teubner Meister, Struckmeier: Hyperbolic Partial Differential Equations, Vieweg Hirsch: Numerical Computation of Internal and External Flows, Part. 1 and 2, Wiley Kuhlmann: Strömungsmechanik, Pearson Toro: Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics, Springer LeVeque: Finite Volume methods for Hyperbolic Problems, Cambridge University Press. Kröner: Numerical Schemes for Conservation Laws, Teubner Chorin, Marsden: A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics, Springer Kelly: Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations, SIAM. Greenbaum: Iterative Methods for Solving Linear Systems, SIAM.

Nummer / Number	MScMath MV27
Modulname / Module title	Optimierung I / Optimization I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul vermittelt strukturelle und algorithmische Grundlagen der diskreten und linearen Optimierung.</p> <p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... sind mit der Modellierung grundlegender Optimierungsprobleme vertraut, können Anwendungsprobleme selbstständig mathematisch modellieren und die Lösbarkeit von Modellen einschätzen, ... kennen grundlegende Algorithmen aus den Bereichen der linearen Optimierung und der kombinatorischen Optimierung, ... verstehen die diesen Algorithmen zu Grunde liegenden mathematischen Strukturen und methodischen Konzepte ... sind in der Lage, strukturelle Erkenntnisse in praktische Rechenverfahren umzusetzen.</p> <p>Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen.</p> <p>This module provides fundamental concepts and algorithms of linear and combinatorial optimization.</p> <p>Students of the Bachelor and Master programs ... have basic knowledge in modeling optimization problems arising from natural sciences, technology and economy, ... know fundamental algorithms of graph theory and linear programming, ... have knowledge of fundamental structural and algorithmic principles of optimization, ... are able to translate structural perceptions into practical calculation methods.</p> <p>In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Strukturelle und algorithmische Grundlagen der kombinatorischen Optimierung: Kürzeste Wege, Minimale Spannbäume, Netzwerkflüsse; Strukturelle und algorithmische Grundlagen der linearen Optimierung: Polyedertheorie, Dualität, Simplex Algorithmus; Grundlagen der Modellierung; Ausblick auf Vertiefungen der Optimierung</p> <p>Fundamental concepts and algorithms in combinatorial optimization: shortest paths, minimal spanning trees, network flows; Fundamental concepts and algorithms in linear programming: polyhedra, linear programming duality, Simplex algorithm; Basic modeling techniques; Outlook on advanced optimization techniques</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Optimierung 1 / Optimization 1
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Rechnerübungen Lectures, tutorials, computer exercises
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Linearer Algebra sowie Algorithmen und Datenstrukturen Basic knowledge in Linear Algebra and Algorithms and Data Structures
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Elementare Linearer Algebra Elementary Linear Algebra
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern

	Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Bley
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV28
Modulname / Module title	Optimierung II / Optimization II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul vermittelt weiterführende Konzepte und Techniken der kombinatorischen Optimierung sowie die Grundlagen der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung.</p> <p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... sind gut mit den Modellierungstechniken der diskreten Optimierung vertraut, ... kennen grundlegende Methoden der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung, ... kennen Techniken zur exakten und approximativen Lösung schwerer Optimierungsprobleme, ... verstehen die diesen Techniken zu Grunde liegenden mathematischen Strukturen und methodischen Konzepte, ... sind in der Lage, selbstständig Problemlösungen zu erarbeiten. <p>This module provides advanced concepts and algorithms in combinatorial optimization and fundamental techniques for mixed-integer linear programming</p> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have extended knowledge in modeling discrete optimization problems, ... know fundamental algorithms of mixed-integer linear programming, ... know methods to solve or approximate difficult discrete optimization problem, ... know the structural and algorithmic foundations of these methods, ... are able to apply these techniques in practice.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Weiterführende Techniken der kombinatorischen Optimierung: Matchings, Rundreisen, Heuristische Methoden, Relaxierungen, Approximationsalgorithmen; Lineare und gemischt-ganzzahlige lineare Optimierung: Branch-and-bound, Schnittebenenverfahren, Polynomielle Verfahren der Linearen Optimierung; Komplexität von Problemen</p> <p>Methods in combinatorial optimization: matchings, tours, heuristic methods, relaxations, approximation algorithms; Linear and mixed-integer linear programming: Branch-and-bound, Cutting plane method, polynomial-time methods for linear programming; Complexity</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Optimierung II / Optimization II
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Rechnerübungen Lectures, tutorials, computer exercises
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Optimierung I / Optimization I
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Elementare Lineare Algebra Elementary Linear Algebra
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen/ Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module

Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Bley
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV29
Modulname / Module title	Optimierung III / Optimization III
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul vermittelt ausgewählte, fortgeschrittene Methoden der diskreten Optimierung.</p> <p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... kennen fortgeschrittene Techniken zur Modellierung und Lösung schwieriger diskreter Optimierungsprobleme, ... verstehen die diesen Techniken zu Grunde liegenden mathematischen Strukturen und algorithmischen Konzepte, ... sind in der Lage, die Techniken selbstständig für die Lösung neuer Probleme anzupassen, zu erweitern und anzuwenden. <p>This module provides a selection of advanced methods in discrete optimization.</p> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... know advanced techniques to model and solve difficult discrete optimization problems arising in theory and practice, ... know the structural and algorithmic foundations of these methods, ... are able adapt, extend and apply these techniques in practice.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Eine Auswahl fortgeschrittener Konzepte und Methoden der kombinatorischen und der gemischt-ganzzahligen Optimierung, welche nicht in den Modulen „Optimierung 1“ und „Optimierung 2“ behandelt wurden. Mögliche Themen sind u. A. polyedrische Kombinatorik, theoretische Grundlagen der ganzzahligen Optimierung, Computational Integer Programming, Dekompositions- und Aggregationstechniken für sehr große Optimierungsprobleme, Approximationsalgorithmen.</p> <p>A selection of advanced concepts and methods in combinatorial and mixed-integer optimization, that have not been treated in “Optimization 1” and “Optimization 2”. Possible topics include polyhedral combinatorics, theoretical foundations of integer programming, computational integer programming, decomposition and aggregation techniques for large problems, approximation algorithms.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Rechnerübungen Lectures, tutorials, computer exercises
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Optimierung I/II Optimization I/II
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt

	Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Bley
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV30
Modulname / Module title	Paralleles Rechnen Parallel computing
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs</p> <ul style="list-style-type: none"> ... besitzen grundlegende Fähigkeiten zur Lösung mathematischer Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft, ... verfügen über Problemlösungskompetenz, ... sind selbständig in der Lage Algorithmen in Computerprogramme umzusetzen, ... besitzen die Fähigkeit grundlegende Ansätze zur Parallelisierung numerischer Software durchzuführen, ... besitzen Fähigkeiten im Bereich der Parallelisierung numerischer Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen. <p>Darüber hinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have basic knowledge of solving mathematical problems arising from natural sciences, technology and economy. ... have solution solving competencies, ... know how to implement algorithms in computer programs, ... are able to perform basic parallelization of numerical software, ... have knowledge of parallelization of numerical methods for solving partial differential equations. <p>In addition, students of the Master program are able to transfer these concepts to closely related problems.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	2 x (VL 2 SWS + Ü 1 SWS)
Lehrinhalte / Contents	This course will introduce the basic aspects of parallel programming and the algorithmic considerations involved in designed scalable parallel numerical methods. The programming will use MPI (Message Passing Interface), the most common library of parallel communication commands for distributed-memory clusters. We will also consider the options for multi-threading on multi-core CPUs and for using graphics processing units (GPUs) connected to CPUs. An important application of parallel computing is in the area of numerical methods for partial differential equations. This course will also introduce methods for the elliptic Poisson equation and the parabolic reaction-diffusion equation as examples.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	(a) Einführung in das parallele Rechnen (mit Übungen) / Introduction to parallel computing (with exercises) (b) Paralleles Rechnen für Partielle Differentialgleichungen (mit Übungen) / Parallel computing for partial differential equations (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesung, Lehrgespräch, Einzel- und Gruppenarbeit Lecture, seminar, individual and group work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics
Dauer des Moduls / Duration	Zwei Semester / two semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Numerik gemäß Modul Numerik I Basic knowledge of numerics (numerics I)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, independent studies 210h, total 300h

Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten (die genaue Form wird vom Dozenten zu Beginn jeder Vorlesung festgelegt); in jeder der Vorlesungen (a,b) mindestens 50% der möglichen Punkte Solving of exercises on exercise sheets or in test (the precise form will be announced by the lecturer at the beginning of each lecture), in each of the lectures (a,b) at least 50% of the possible points
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Meister
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the start of the module.

Nummer / Number	MScMath MV31
Modulname / Module title	Partielle Differentialgleichungen / Partial Differential Equations
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen verschiedene Lösungsbegriffe für partielle Differentialgleichungen, ... kennen die Bedeutung partieller Differentialgleichungen bei der Modellierung naturwissenschaftlicher Phänomene, ... können grundlegende Argumente der qualitativen Theorie partieller Differentialgleichungen einsetzen. Students ... know different types of solutions to partial differential equations, ... are aware of the importance of partial differential equations for the modeling of phenomena from the natural sciences, ... are able to apply basic arguments from the qualitative theory of partial differential equations.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Mögliche Inhalte sind: starke und schwache Lösungsmethoden für partielle Differentialgleichungen (PDGlen), Anwendung von PDGlen in Naturwissenschaften und Technik, Einführung in die fortgeschrittene Themen der Theorie der PDGlen (z.B. Regularitätstheorie, singularär gestörte Probleme, asymptotische Methoden) Possible topics are: strong and weak solutions for partial differential equations (PDEs), application of PDEs in the natural sciences, introduction to advanced topics for PDEs (e.g. regularity theory, singularly perturbed problems, asymptotic methods).
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. / The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis (z.B. der Module „Angewandte Funktionalanalysis“ oder „Einführung in Partielle Differentialgleichungen“) Basic knowledge in analysis (e.g. from the module “Applied Functional Analysis”s or “Introduction to Partial Differential Equations”)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen / Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung Prüfungsleistung / Prerequisites examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Dorothee Knees
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics

Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV32
Modulname / Module title	Spezialvorlesung Stochastik / Specialized Topics in Stochastics
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... haben vertiefte Kenntnisse in einem ausgewählten fortgeschrittenen Themenbereich der Stochastik. Students ... have in-depth knowledge of a selected advanced topic in stochastics.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Mögliche Themen sind u.a. Unsicherheitsquantifizierung, Stochastische Turbulenzmodelle, Extremwerttheorie, Nichtstandard-Grenzwertsätze und mathematische Statistik Possible topics include uncertainty quantification, stochastic turbulence models, extreme value theory, non-standard limit theorems and mathematical statistics, among others.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie“; je nach Veranstaltung ggf. zusätzlich Kenntnisse aus dem Modul „Stochastische Prozesse I“ Module "Measure and Probability Theory"; depending on the course, possibly also knowledge from the module "Stochastic Processes I"
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik /Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV33
Modulname / Module title	Stochastische Modellierung und Simulation / Stochastic Modelling and Simulation
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende des Bachelor- bzw. Masterstudiengangs ... kennen stochastische Modelle oder Methoden für ausgewählte Fragestellungen und können diese anwenden, ...haben vertiefte Kenntnisse in einem Anwendungsgebiet der Stochastik. Darüberhinaus sind Studierende des Masterstudiengangs in der Lage, die vorgestellten Konzepte auf eng verwandte Fragestellungen zu übertragen. Students of the Bachelor and Master programs ... know stochastic models or methods for specific problems and are able to apply them, ... have advanced knowledge of a branch of applied probability. In addition, students of the Master program are able to transfer the presented concepts to closely related problems.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS oder / or VL 2 SWS + Ü 1 SWS + PS 3 SWS
Lehrinhalte / Contents	Behandelt wird ein ausgewähltes Anwendungsgebiet der Stochastik. Mögliche Themen sind u.a. Monte Carlo-Methoden, stochastische Modelle in den Natur- und Ingenieurwissenschaften, stochastische Modellierung komplexer Netzwerke, Warteschlangentheorie und Versicherungsmathematik. A selected field of applied probability is treated. Possible topics include Monte Carlo-methods, stochastic models in natural science and engineering, stochastic models for complex networks, queuing theory and insurance mathematics, among others.
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Projektarbeit Lectures, tutorials, project work
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	B.Sc. Mathematik / B.Sc. Mathematics B.Sc. Technomathematik / B.Sc. Industrial and Applied Mathematics M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics B.Sc. Physik / B.Sc. Physics Nebenfach Statistik in Kombi-Bachelor-Studiengängen / Subsidiary subject statistics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse in Stochastik, z.B. aus dem Modul „Einführung in die Stochastik“; je nach Veranstaltung ggf. zusätzlich Kenntnisse aus dem Modul „Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie“ Basic knowledge in Stochastics, e.g., from module „Introduction to Stochastics“; depending on the course, possibly also knowledge from the module “Measure and Probability Theory”
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten, ggf. Projektarbeit und Seminarvortrag; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests, possibly project work and seminar lecture; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments

Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min) oder projektbezogene Hausarbeit; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt. Die Prüfungen werden studiengangspezifisch (Bachelor bzw. Master) durchgeführt. Written (90-180min) or oral (25-40min) examination or project-related term paper; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module. The examination is adapted to the degree program (Bachelor or Master).
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV34
Modulname / Module title	Stochastische Prozesse I / Stochastic Processes I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Studierende ... kennen wichtige stochastische Prozesse und deren Eigenschaften, ... können Argumente und Prinzipien der Theorie der stochastischen Prozesse verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme im Bereich der stochastischen Prozesse zu lösen. Students ... know important stochastic processes and their properties, ... are able to understand and formulate arguments and concepts from the theory of stochastic processes, ... are able to solve problems from the area of stochastic processes.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	Grundlagen stochastischer Prozesse, Martingale in diskreter und stetiger Zeit, Stoppzeiten, Konstruktion und Eigenschaften der Brownschen Bewegung, Markov Prozesse, Grundlagen zu stochastischen Integralen und stochastischen Differentialgleichungen, ergänzende Themen zu ausgewählten Klassen von stochastischen Prozessen Basics of stochastic processes, martingales in discrete and continuous time, stopping times, construction and properties of Brownian motion, Markov processes, basics of stochastic integration and stochastic differential equations, supplementary topics concerning selected classes of stochastic processes
Lehrveranstaltungen / Course titles	Stochastische Prozesse (mit Übungen) / Stochastic Processes (with exercises)
Lehr- und Lernformen / Teaching methods	Vorlesungen, Übungen / Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls/ Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch / German
Empfohlene Voraussetzungen I / Recommended skills	Modul „Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie“ module “Measure and Probability Theory”
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Leheinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner
Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik / All lecturers of the Institute of Mathematics

Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	<p>Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie Billingsley: Probability and Measure Kallenberg: Foundations of Modern Probability Klenke: Probability Theory – A Comprehensive Course Mao: Stochastic Differential Equations and Applications Schilling: Prozesse und Martingale Schilling, Partzsch: Brownian Motion – An Introduction to Stochastic Processes. Weitere Literatur wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Further literature is announced by the lecturer at the beginning of the module.</p>

Nummer / Number	MScMath MV35
Modulname / Module title	Stochastische Prozesse II / Stochastic Processes II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... kennen wichtige stochastische Prozesse und deren Eigenschaften, ... können Argumente und Prinzipien der Theorie der stochastischen Prozesse verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme im Bereich der stochastischen Prozesse zu lösen.</p> <p>Students ... know important stochastic processes and their properties, ... are able to understand and formulate arguments and concepts from the theory of stochastic processes, ... are able to solve problems from the area of stochastic processes.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Eine Auswahl an weiterführenden Themen, die im Modul „Stochastische Prozesse“ noch nicht behandelt wurden. Mögliche Themen sind u.a. numerische Methoden für stochastische Differentialgleichungen, stochastische partielle Differentialgleichungen, Statistik stochastischer Prozesse, Lévy-Prozesse und Verzweigungsprozesse.</p> <p>A selection of more advanced topics which have not been treated in the module “Stochastic Processes”. Possible topics include numerical methods for stochastic differential equations, stochastic partial differential equations, statistics of stochastic processes, Lévy processes and branching processes, among others.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Stochastische Prozesse (mit Übungen) Stochastic Processes (with exercises)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Übungsblätter Lectures, tutorials, exercise sheets
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics M.Sc. Technomathematik / M.Sc. Industrial and Applied Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Deutsch oder Englisch / German or English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Modul „Stochastische Prozesse“ module “Stochastic Processes”
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Bearbeitung von Aufgaben auf Übungsblättern oder in Testaten; die genaue Form und das genaue Kriterium werden vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Solving of exercises on exercise sheets or in tests; the precise form and the precise criterion will be announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche Responsible coordinators	Prof. Dr. Felix Lindner

Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV36
Modulname / Module title	Variationsrechnung und ihre Anwendungen I / Calculus of Variations and Applications I
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... kennen wichtige Argumente der Variationsrechnung, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können Argumente und Prinzipien der Variationsrechnung verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme im Bereich der Variationsrechnung theoretisch zu lösen.</p> <p>Students ... know important arguments of the calculus of variations ... are able to understand and formulate abstract statements ... are able to understand and formulate arguments and concepts from the calculus of variations ... are able to solve problems from the calculus of variations</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Mögliche Inhalte sind: Indirekte Methode der Variationsrechnung (Zusammenhang zwischen dem Minimieren eines Funktionals und dem Lösen von Euler-Lagrange-Gleichungen, lokale/globale Minima, notwendige und hinreichende Bedingungen für lokale Minima, verschiedene Konvexitätsbegriffe); direkte Methode der Variationsrechnung auf unendlichdimensionalen Banachräumen (funktional-analytische Methoden zur Konstruktion globaler Minimierer, schwach unterhalbstetige Integralfunktionale); Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen (Existenz von Lösungen, Regularität).</p> <p>Possible topics are: Indirect method in the calculus of variations (connection between minimizers of functionals and solutions of Euler-Lagrange equations, local/global minimizers, necessary and sufficient conditions for local minimizers, different types of convexity); direct method in the calculus of variations (functional analytic tools for the existence of minimizers, weakly lower semicontinuous integral functionals); applications to partial differential equations (existence of solutions, regularity)</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben./ The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Recommended skills	Grundlegende Kenntnisse der Analysis (z.B. der Module „Angewandte Funktionalanalysis“ oder „Einführung in Partielle Differentialgleichungen“) Basic knowledge in analysis (e.g. from the module “Applied Functional Analysis” or “Introduction to Partial Differential Equations”)
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt

	Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Mathematik Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Dorothee Knees
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Nummer / Number	MScMath MV37
Modulname / Module title	Variationsrechnung und ihre Anwendungen II / Calculus of Variations and Applications II
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <p>... kennen wichtige Argumente der Variationsrechnung, ... können abstrakte mathematische Sachverhalte verstehen und formulieren, ... können Argumente und Prinzipien der Variationsrechnung verstehen und formulieren, ... besitzen die Fähigkeit, Probleme im Bereich der Variationsrechnung theoretisch zu lösen.</p> <p>Students</p> <p>... know important arguments of the calculus of variations ... are able to understand and formulate abstract statements ... are able to understand and formulate arguments and concepts from the calculus of variations ... are able to solve problems from the calculus of variations</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL 4 SWS + Ü 2 SWS
Lehrinhalte / Contents	<p>Eine Auswahl an weiterführenden Themen, die im Modul Variationsrechnung und ihre Anwendungen I nicht behandelt wurden. Weitere mögliche Themen sind Konvexe Analysis, Gamma Konvergenz oder Homogenisierung, Young Maße und Relaxierung, variationelle Methoden für Evolutionsgleichungen und entsprechende Anwendungen.</p> <p>A selection of more advanced topics which have not been treated in the module Calculus of Variations and Applications I. Further possible topics are convex analysis, Gamma convergence, or homogenization, Young measures and relaxation, variational methods for evolution equations and applications.</p>
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.</p> <p>The courses of this module will be announced every semester in the course catalogue.</p>
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen Lectures, tutorials
Verwendbarkeit / Applicability	M.Sc. Mathematics / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Modul "Variationsrechnung und ihre Anwendungen I" Module „Calculus of Variations and applications I"
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 90h, Selbststudium 210h, Gesamt 300h Contact hours 90h, self-studies 210h, total 300h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben, mindestens 50% der möglichen Punkte auf den Übungsblättern / Regular solving of exercises, at least 50% of the possible points on the exercise sheets
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen / Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min) oder mündliche Prüfung (25-40min); die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt Written (90-180min) or oral (25-40min) examination; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	10 credits
Lehrinheit / Teaching unit	Institut für Mathematik / Institute of Mathematics
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Dorothee Knees

Responsible coordinator	
Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Mathematik / All lecturers of the Institute of Mathematics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Übungsblätter Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Anlage 2: Anwendungsschwerpunkt Informatik (ASP 1)

Im Anwendungsschwerpunkt Informatik besuchen Studierende Module aus dem Master Informatik im Umfang von **18 Credits**. Der studentische Arbeitsaufwand beträgt **540 Stunden**. In Wahlpflichtmodulen erwerben Studierende Kompetenzen in speziellen, wissenschaftlichen Themenfeldern. Diese Kompetenzen sind abhängig vom jeweils gewählten Modul. Sie sind im jeweils aktuellen Modulhandbuch des Masters Informatik dokumentiert.

Die folgende Grafik stellt einen möglichen Studienverlauf bei Wahl des Anwendungsschwerpunktes Informatik (hellgrüne Felder) dar:

Studienverlaufsplan MSc Mathematik – Schwerpunkt Informatik																																					
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP	
1	Wahlpflichtmodul 1* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 2* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 3* 4 + 2 SWS 10c												30												
2	Wahlpflichtmodul 4* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 5* 4 + 2 SWS 10c						Info 1 WP 4 SWS 6c				Info 2 WP 4 SWS 6c										32										
3	Wahlpflichtmodul 6* 4 + 2 SWS 10c						MS1 Vertiefungs- seminar 2 SWS 6c				Additive Schlüssel- kompetenzen 6c				Info 3 WP 4 SWS 6c										28												
4	Masterarbeit und -kolloquium 6 Monate 30c																																				30
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP	

* Unter den sechs zu absolvierenden Wahlpflichtmodulen müssen aus den fünf Bereichen Analysis, Algebra, Diskrete Mathematik, Numerik und Stochastik mindestens drei abgedeckt werden.

Wahlpflicht- modul	Seminare	Abschluß- arbeit	Anwen- dung	Add. Schluß- selikompetenz
-----------------------	----------	---------------------	----------------	-------------------------------

Folgende Module aus dem Master Informatik können besucht werden:

Automaten, Spiele, Logik	Wahlpflicht	6 Credits
Autonomous Learning	Wahlpflicht	6 Credits
Betriebssysteme und Systemprogrammierung	Wahlpflicht	8 Credits
Communication Technologies I	Wahlpflicht	6 Credits
Communication Technologies II	Wahlpflicht	6 Credits
Computer Arithmetik	Wahlpflicht	6 Credits
Datenbanken	Wahlpflicht	6 Credits
Datenbanktheorie	Wahlpflicht	6 Credits
Design Patterns	Wahlpflicht	6 Credits
Digitale Signalverarbeitung mit int. Schaltungen	Wahlpflicht	6 Credits
Digitale Systeme	Wahlpflicht	6 Credits
Einführung in die formale Verifikation	Wahlpflicht	6 Credits
Entwurf und Analyse effizienter Algorithmen	Wahlpflicht	6 Credits
Experiment. and Eval. in Machine Learning	Wahlpflicht	6 Credits
Formal Concept Analysis	Wahlpflicht	6 Credits
Formale Sprachen und Logik	Wahlpflicht	6 Credits
Funktionale Programmierung	Wahlpflicht	6 Credits
Information Retrieval	Wahlpflicht	6 Credits
Knowledge Discovery	Wahlpflicht	6 Credits
Künstliche Intelligenz	Wahlpflicht	6 Credits
Labor Data Mining und Maschinelles Lernen	Wahlpflicht	6 Credits
Labor Deep Learning	Wahlpflicht	6 Credits
Labor Grand Challenges of Machine Learning	Wahlpflicht	6 Credits
Labor Qualitative Datenanalyse	Wahlpflicht	6 Credits
Logikprogrammierung	Wahlpflicht	6 Credits

Model-Driven Engineering	Wahlpflicht	6 Credits
Parallele Programmierung	Wahlpflicht	6 Credits
Pattern Recognition and Machine Learning I	Wahlpflicht	6 Credits
Pattern Recognition and Machine Learning II	Wahlpflicht	6 Credits
Praktikum Digitaltechnik	Wahlpflicht	4 Credits
Process Computing	Wahlpflicht	6 Credits
Rechnerarchitektur	Wahlpflicht	6 Credits
Rechnergest. Entwurf mikroelektr. Schaltungen	Wahlpflicht	6 Credits
Rechnernetze	Wahlpflicht	6 Credits
Rekonfigurierbare Strukturen	Wahlpflicht	6 Credits
Risk determination of computer architectures	Wahlpflicht	6 Credits
SAT-Solver	Wahlpflicht	6 Credits
Schaltkreiskomplexität	Wahlpflicht	6 Credits
Schaltungsentwurf mit HDLs	Wahlpflicht	6 Credits
Seminar (Master)	Wahlpflicht	4 Credits
Social Network Analysis	Wahlpflicht	6 Credits
Software-Verifikation	Wahlpflicht	6 Credits
Synthese und Optimierung mikroelektronischer Systeme	Wahlpflicht	6 Credits
Temporal and Spatial Data Mining	Wahlpflicht	6 Credits
Verifikation eingebetteter Systeme	Wahlpflicht	6 Credits
Verteilte Systeme – Basisalgorithmen	Wahlpflicht	6 Credits

Detaillierte Modulbeschreibungen mit Angaben zu Kompetenzerwerb, Lehrveranstaltungstiteln, Lehrenden, Lehrformen, Lehrinhalten, eventuellen Voraussetzungen sowie Art und Umfang der Studien- und Prüfungsleistungen sind direkt dem Modulhandbuch Master Informatik zu entnehmen.

Es gilt die jeweils aktuellste Fassung. Diese ist einzusehen unter:

www.uni-kassel.de/eecs/studium/studienangebote/informatik/master-po2018

Studierenden, die einen Auslandsaufenthalt planen, kann das 3. Fachsemester als „**Mobilitätsfenster**“ empfohlen werden. Angesichts des hohen Wahlpflichtanteils im gesamten Masterprogramm bestehen jedoch vielfältige Möglichkeiten ein Auslandssemester einzuplanen.

Anlage 3: Anwendungsschwerpunkt Physik (ASP 2)

Im Anwendungsschwerpunkt Informatik besuchen Studierende Module aus dem Master Physics im Umfang von **18 Credits**. Der studentische Arbeitsaufwand beträgt **540 Stunden**. In Wahlpflichtmodulen erwerben Studierende Kompetenzen in speziellen, wissenschaftlichen Themenfeldern. Diese Kompetenzen sind abhängig vom jeweils gewählten Modul. Sie sind im jeweils aktuellen Modulhandbuch des Masters Physics dokumentiert. Die folgende Grafik stellt einen möglichen Studienverlauf bei Wahl des Anwendungsschwerpunktes Physik (hellgrüne Felder) dar:

Studienverlaufsplan MSc Mathematik – Schwerpunkt Physik																																					
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP	
1	Wahlpflichtmodul 1* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 2* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 3* 4 + 2 SWS 10c												30												
2	Wahlpflichtmodul 4* 4 + 2 SWS 10c						Wahlpflichtmodul 5* 4 + 2 SWS 10c						Physik 1 WP 6c			Physik 2 WP 6c									30												
3	Wahlpflichtmodul 6* 4 + 2 SWS 10c						MS1 Vertiefungs- seminar 2 SWS 6c			Additive Schlüssel- kompetenzen 6c			Physik 3 WP 8c												30												
4	Masterarbeit und -kolloquium 6 Monate 30c																																				30
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP	

* Unter den sechs zu absolvierenden Wahlpflichtmodulen müssen aus den fünf Bereichen Analysis, Algebra, Diskrete Mathematik, Numerik und Stochastik mindestens drei abgedeckt werden.

Wahlpflicht- modul	Seminare	Abschluß- arbeit	Anwen- dung	Add. Schlüs- selkompetenz
-----------------------	----------	---------------------	----------------	------------------------------

Folgende Module aus dem Master Physics können besucht werden:

Theoretische Mechanik	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Theoretische Elektrodynamik	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Quantenmechanik I	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Quantum Mechanics II	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Thermodynamik und Statistische Physik	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Theoretical Solid State Physics	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Computational Physics	Wahlpflichtmodul	5 Credits
Reviews of Modern Theoretical Physics	Wahlpflichtmodul	5 Credits
Advanced Methods in Theoretical Physics	Wahlpflichtmodul	5 Credits
Theoretical Physics Seminar	Wahlpflichtmodul	5 Credits
Experimentalphysik V (Festkörperphysik)	Wahlpflichtmodul	4 Credits
Applied Semiconductor Physics	Wahlpflichtmodul	6 Credits
Semiconductor Laser	Wahlpflichtmodul	6 Credits
Ultrashort Laserpulses and their Applications	Wahlpflichtmodul	8 Credits
Surface Physics	Wahlpflichtmodul	6 Credits
Molecular Physics and Spectroscopy I	Wahlpflichtmodul	6 Credits

Detaillierte Modulbeschreibungen mit Angaben zu Kompetenzerwerb, Lehrveranstaltungstiteln, Lehrenden, Lehrformen, Lehrinhalten, eventuellen Voraussetzungen sowie Art und Umfang der Studien- und Prüfungsleistungen sind direkt dem Modulhandbuch Master Physics zu entnehmen. Es gilt die jeweils aktuellste Fassung. Diese ist einzusehen unter:

www.uni-kassel.de/fb10/study/msc/physik

Studierenden, die einen Auslandsaufenthalt planen, kann das 3. Fachsemester als „**Mobilitätsfenster**“ empfohlen werden. Angesichts des hohen Wahlpflichtanteils im gesamten Masterprogramm bestehen jedoch vielfältige Möglichkeiten ein Auslandssemester einzuplanen.

Anlage 4: Anwendungsschwerpunkt Wirtschaftswissenschaften (ASP 3)

Im Anwendungsschwerpunkt Wirtschaftswissenschaften besuchen Studierende Module aus dem Master Business Studies im Umfang von **18 Credits**. Der studentische Arbeitsaufwand beträgt **540 Stunden**. In Wahlpflichtmodulen erwerben Studierende Kompetenzen in speziellen, wissenschaftlichen Themenfeldern. Diese Kompetenzen sind abhängig vom jeweils gewählten Modul. Sie sind im jeweils aktuellen Modulhandbuch des Masters Business Studies dokumentiert.

Die folgende Grafik stellt einen möglichen Studienverlauf bei Wahl des Anwendungsschwerpunktes Wirtschaftswissenschaften (hellgrüne Felder) dar:

Studienverlaufsplan MSc Mathematik – Schwerpunkt Wirtschaftswissenschaften																																				
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP
1	Wahlpflichtmodul 1* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 2* 4 + 2 SWS 10c										WiWi 1 WP 4 SWS 6c				Additive Schlüsselkompetenzen 3c							29				
2	Wahlpflichtmodul 3* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 4* 4 + 2 SWS 10c										MS1 Vertiefungsseminar 2 SWS 6c				WiWi 2 WP 4 SWS 6c									32		
3	Wahlpflichtmodul 5* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 6* 4 + 2 SWS 10c										WiWi 3 WP 4 SWS 6c				Additive Schlüsselkompetenzen 3c							29				
4	Masterarbeit und -kolloquium 6 Monate 30c																																			30
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP

* Unter den sechs zu absolvierenden Wahlpflichtmodulen müssen aus den fünf Bereichen Analysis, Algebra, Diskrete Mathematik, Numerik und Stochastik mindestens drei abgedeckt werden.

Wahlpflichtmodul	Seminare	Abschlußarbeit	Anwendung	Add. Schlüsselkompetenz
------------------	----------	----------------	-----------	-------------------------

Folgende Wahlpflichtmodule können besucht werden:

Econometrics A	Wahlpflicht	6 Credits
Econometrics B	Wahlpflicht	6 Credits
Selected Methods	Wahlpflicht	6 Credits
Institutions and the Public Sector	Wahlpflicht	6 Credits
Economic Behaviour	Wahlpflicht	6 Credits
Finance	Wahlpflicht	6 Credits

Die Modulbeschreibungen sind Bestandteil dieser Anlage und werden im Folgenden dargestellt.

Hinweis: Diese Module sind NICHT identisch mit den Modulen, die in den Studienprogrammen des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften angeboten werden.

Studierenden, die einen Auslandsaufenthalt planen, kann das 3. Fachsemester als „**Mobilitätsfenster**“ empfohlen werden. Angesichts des hohen Wahlpflichtanteils im gesamten Masterprogramm bestehen jedoch vielfältige Möglichkeiten ein Auslandssemester einzuplanen.

Modulname / Module title	Ökonometrie A / Econometrics A
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul bietet eine vertiefte Ausbildung in ökonomischen Methoden, die eine quantitative Analyse empirischer Fragestellungen der Wirtschaftswissenschaften aus Forschung und Praxis ermöglichen. Ökonometrische Verfahren sind ein zentrales Instrument der Analyse volkswirtschaftlicher Phänomene. Aufbauend auf die im Bachelor-Studium erworbenen Kenntnisse im Bereich Statistik und Ökonometrie sollen die Studierenden das fortgeschrittene Rüstzeug des ökonomischen Arbeitens bei wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen erlernen. Da die computergestützte Analyse inzwischen zum Standard zählt, ist der Einsatz von Statistiksoftware hierbei unerlässlich. Ein herausragendes Lernziel besteht darin, die Studierenden zu befähigen, ökonometrische Methoden bei einer empirischen Analyse Volks- und betriebswirtschaftlicher Problemstellungen auszuwählen und einzusetzen. Hierdurch werden die Studierenden in die Lage versetzt, Lösungsansätze auf wissenschaftlichem Niveau zu interpretieren und kritisch zu bewerten.</p> <p>This is an advanced course in econometric methods that allow a quantitative analysis of empirical issues of economics. Econometric methods are a central tool in the analysis of economic phenomena. In this course, students should learn the advanced tools of econometrics, extending their knowledge obtained previously in undergraduate studies. Since the computer-aided analysis is a standard today, the use of statistical software will be learned. A central objective is to enable students to select and apply econometric methods in an empirical analysis of economics and business problems. This will enable students to interpret and critically evaluate problem solving strategies on a scientific level.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. Beispielsweise können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden/ The courses of this module will be announced every semester in the „Vorlesungsverzeichnis“. In particular, the following courses can be chosen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Econometrics - Microeconometrics - Spatial Econometrics - Applied econometric analysis of stated choice data economics
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie Basic knowledge in econometrics
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt / Written examination (90-180min), oral examination (20-45min)

	examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Volkswirtschaftslehre Institute of Economics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Andreas Ziegler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Volkswirtschaftslehre All lecturers of the Institute of Economics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Modulname / Module title	Ökonometrie B / Econometrics B
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul bietet eine vertiefte Ausbildung in ökonomischen Methoden, die eine quantitative Analyse empirischer Fragestellungen der Wirtschaftswissenschaften aus Forschung und Praxis ermöglichen. Ökonometrische Verfahren sind ein zentrales Instrument der Analyse volkswirtschaftlicher Phänomene. Aufbauend auf die im Bachelor-Studium erworbenen Kenntnisse im Bereich Statistik und Ökonometrie sollen die Studierenden das fortgeschrittene Rüstzeug des ökonomischen Arbeitens bei wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen erlernen. Da die computergestützte Analyse inzwischen zum Standard zählt, ist der Einsatz von Statistiksoftware hierbei unerlässlich. Ein herausragendes Lernziel besteht darin, die Studierenden zu befähigen, ökonometrische Methoden bei einer empirischen Analyse Volks- und betriebswirtschaftlicher Problemstellungen auszuwählen und einzusetzen. Hierdurch werden die Studierenden in die Lage versetzt, Lösungsansätze auf wissenschaftlichem Niveau zu interpretieren und kritisch zu bewerten.</p> <p>This is an advanced course in econometric methods that allow a quantitative analysis of empirical issues of economics. Econometric methods are a central tool in the analysis of economic phenomena. In this course, students should learn the advanced tools of econometrics, extending their knowledge obtained previously in undergraduate studies. Since the computer-aided analysis is a standard today, the use of statistical software will be learned. A central objective is to enable students to select and apply econometric methods in an empirical analysis of economics and business problems. This will enable students to interpret and critically evaluate problem solving strategies on a scientific level.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im HISLSF bekannt gegeben. Es muss eine andere Lehrveranstaltung belegt werden als in Ökonometrie A. Insbesondere können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden: 7 The courses of this module will be announced every semester in HISLSF. The student must choose a different course than he/she has chosen in Econometrics A. In particular, the following courses can be chosen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Econometrics - Microeconometrics - Spatial Econometrics - Applied econometric analysis of stated choice data economics
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie Basic knowledge in econometrics
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls

	festgelegt / Written examination (90-180min), oral examination (20-45min) examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Volkswirtschaftslehre / Institute of Economics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Prof. Dr. Andreas Ziegler
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Volkswirtschaftslehre All lecturers of the Institute of Economics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Modulname / Module title	Ausgewählte Methoden der Wirtschaftswissenschaften / Selected Methods
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Das Modul bietet eine vertiefte Ausbildung in Spezialgebieten fortgeschrittener Methoden, die eine quantitative Analyse empirischer Fragestellungen der Wirtschaftswissenschaften aus Forschung und Praxis ermöglichen. Die Auswahl der Methoden trägt der Tatsache Rechnung, dass in der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung unterschiedliche methodische Ansätze Anwendung finden. Neben statistisch-ökonomischen Verfahren sind dies insbesondere folgende Ansätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimenteller Ansatz - Wirtschaftsmathematische Ansatz - Simulationstechniken <p>Aufbauend auf die im Bachelor-Studium erworbenen methodischen Kenntnisse sollen die Studierenden das fortgeschrittene Rüstzeug des empirischen Arbeitens bei wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen erlernen. Da die computer-gestützte Analyse inzwischen zum Standard zählt, ist der Einsatz von Spezialsoftware hierbei unerlässlich. Ein herausragendes Lernziel besteht darin, die Studierenden zu befähigen, wissenschaftlich fundiert adäquate wirtschaftswissenschaftliche Methoden bei einer empirischen Analyse volks- und betriebswirtschaftlicher Problemstellungen auszuwählen und einzusetzen. Hierdurch werden die Studierenden in die Lage versetzt, Lösungsansätze auf wissenschaftlichem Niveau zu interpretieren und kritisch zu bewerten.</p> <p>The module provides training in specialized areas of advanced methods that allow a quantitative analysis of empirical issues of economics stemming from research and practice. The selection of methods takes account of the fact that different methodological approaches are used in economic research. Besides statistical-econometric methods, this includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - experimental approach - economic mathematics approach - simulation techniques <p>In this course, students should learn the advanced tools of econometrics, extending their knowledge obtained previously in undergraduate studies. Because the computer-aided analysis is a standard today, the use of statistical software will be learned. A central objective is to enable students to select and apply econometric methods in an empirical analysis of economic and business problems. This will enable students to interpret and critically evaluate problem solving strategies on a scientific level.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	<p>Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im HISLSF bekannt gegeben. Insbesondere können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden:/ The courses of this module will be announced every semester in HISLSF. In particular, the following courses can be chosen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quantitative analysis of cryptocurrencies, cryptocurrency markets and ICOs - Recent developments in forecasting methods with empirical applications - Econometrics - Microeconometrics - Spatial Econometrics - Quantitative Methods of Experimental Economics
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie Basic knowledge in econometrics

Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt / Written examination (90-180min), oral examination (20-45min) examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Volkswirtschaftslehre / Institute of Economics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Björn Frank
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Volkswirtschaftslehre All lecturers of the Institute of Economics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Modulname / Module title	Institutionen und der öffentliche Sektor / Institutions and the Public Sector
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Gegenstand dieses Moduls ist die Anwendung von Konzepten und Methoden aus den Wirtschaftswissenschaften auf normative und positive Fragen der Wirtschaftspolitik. Schwerpunkte liegen dabei auf der Rolle von staatlichen Institutionen und auf Public-Choice-Ansätzen. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, theoretisch wie empirisch gestützte und folglich ökonomisch Aussagen zu treffen über die Bedeutung staatlicher Institutionen für die Wirtschaftspolitik. Als Beispiele sind die Europäische Wirtschafts- und Währungsunion oder die Rolle des Staates in einer globalisierten Welt zu nennen. Im Einzelnen werden folgende Qualifikationen erworben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anwendung volkswirtschaftlicher Ansätze auf konkrete wirtschaftspolitische Fragestellungen - Befähigung zur eigenständigen kritischen Analyse von wirtschaftspolitischen Konzepten - Kenntnisse der Rahmenbedingungen staatlichen Handelns und ihrer Wirkungen auf die Ergebnisse der Wirtschaftspolitik. <p>Subject of this module is the application of concepts and methods from economics on normative and positive questions of economic policy. The focus is on the role of state institutions and on public-choice approaches. Students should be able to make (theoretically as well as empirically supported) economic statements about the importance of state institutions for economic policy. Examples include European Economic and Monetary Union or the role of the state in a globalized world. In detail, the following qualifications are acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Application of economic approaches to concrete economic policy issues - Qualification for independent critical analysis of economic policy concepts - Knowledge of the framework conditions of state action and their effects on the results of economic policy.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im HISLSF bekannt gegeben. Insbesondere können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden: The courses of this module will be announced every semester in HISLSF. In particular, the following courses can be chosen: Intermediate Public Economics Economic and Monetary Union (EMU)
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie Basic knowledge in econometrics
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments

Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt 7 Written examination (90-180min), oral examination (20-45min) examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit Teaching unit	Institut für Volkswirtschaftslehre Institute of Economics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Ivo Bischoff
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Volkswirtschaftslehre All lecturers of the Institute of Economics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Modulname / Module title	Wirtschaftliches Verhalten / Economic Behaviour
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Gegenstand dieses Moduls sind die grundlegenden Ansätze zur Modellierung der Verhaltensweisen von Akteuren (insbesondere Haushalte und Unternehmen) in unterschiedlichen ökonomischen Kontexten. Im Einzelnen werden folgende Qualifikationen erworben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kenntnisse in den wichtigsten Ansätzen zur Modellierung des Verhaltens von Haushalten und Firmen - Anwendung verhaltenswissenschaftlicher Modelle und Methoden auf konkrete ökonomische Kontexte - Einblicke in die Konzepte der Nachbardisziplinen, auf welchen die erarbeiteten Modelle aufbauen - Befähigung zur Durchführung eigener verhaltenswissenschaftlicher Analysen. <p>Neben den fortgeschrittenen Ansätzen aus der konventionellen Ökonomik lernen die Studierenden hier eine andere Perspektive auf ökonomische Fragestellungen kennen. Diese Kompetenzen sind für die Zusammenarbeit in den zunehmend interdisziplinären Arbeitsgruppen der modernen Arbeitswelt von großer Bedeutung.</p> <p>Subject of this module are the basic approaches to modeling the behavior of actors (especially households and businesses) in different economic contexts. In detail, the following qualifications are acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Knowledge of the most important approaches to modeling the behavior of households and companies - Application of behavioral science models and methods to concrete economic contexts - Insights into the concepts of the neighboring disciplines on which the developed models build - Ability to conduct own behavioral analysis. <p>In addition to the advanced approaches from conventional economics, the students get to know a different perspective on economic issues. These competences are of great importance for cooperation in the increasingly interdisciplinary working groups of the modern working world.</p>
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben. Insbesondere können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden: ⁷ The courses of this module will be announced every semester in the „Vorlesungsverzeichnis“. In particular, the following courses can be chosen: <ul style="list-style-type: none"> - Foundations of Experimental Economics - Models of Economic Behavior: (Anti-) Social Preferences - Behavioral Economics Milestones
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie Basic knowledge in econometrics
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module

Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt / Written examination (90-180min), oral examination (20-45min) examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Volkswirtschaftslehre / Institute of Economics
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr. Björn Frank
Lehrende des Moduls Lecturers	Alle Dozenten des Instituts für Volkswirtschaftslehre All lecturers of the Institute of Economics
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Modulname / Module title	Finance / Finance
Art des Moduls / Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele Educational Outcomes, competencies, qualification objectives	Das Modul hat den Erwerb von vertieften Kenntnissen im Bereich Finance zum Ziel. Ziel ist die Anwendung wichtiger quantitativer Methoden überwiegend auf Finanzmarktdaten im weitesten Sinn. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden eigene empirische Untersuchungen zu konzipieren und durchzuführen. The objective of this module is to acquire in-depth knowledge of finance. The aim is to apply important quantitative methods to financial market data in the broadest sense. Students should be enabled to design and conduct their own empirical research.
Lehrveranstaltungsarten Types of Courses	VL oder Seminar mit 4 SWS Lecture or Seminar with 4 SWS
Lehrinhalte / Contents	Siehe Lernergebnisse, Kompetenzen, Qualifikationsziele See Educational Outcomes, competencies, qualification objectives
Titel der Lehrveranstaltungen Course titles	Die diesem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen werden jedes Semester im HISLSF bekannt gegeben. Insbesondere können die folgenden Lehrveranstaltungen eingebracht werden: / The courses of this module will be announced every semester in HISLSF. In particular, the following courses can be chosen: Risk Management
Lehr- und Lernformen Teaching methods	Vorlesungen, Übungen, Präsentationen Lectures, tutorials, presentations
Verwendbarkeit des Moduls Applicability	M.Sc. Mathematik / M.Sc. Mathematics
Dauer des Moduls / Duration	Ein Semester / one semester
Häufigkeit des Moduls Frequency	Wird im Wechsel mit anderen Vertiefungsmodulen angeboten Offered alternately with other specialisation modules
Sprache / Language	Englisch / English
Empfohlene (inhaltliche) Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Recommended skills	Grundkenntnisse der Ökonometrie und Kenntnisse aus dem Themenbereich Finance / Basic knowledge in econometrics and Finance
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul / Prerequisites for participation	Keine / none
Studentischer Arbeitsaufwand Students workload	Präsenzstudium 60h, Selbststudium 120h, Gesamt 180h Contact hours 60h, independent studies 120h, total 180h
Studienleistungen Nongraded learning assignments	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module
Voraussetzung für Zulassung zur Prüfungsleistung / Prerequisites for admission to examination	Erfolgreiches Absolvieren der Studienleistungen Successful completion of the nongraded learning assignments
Prüfungsleistung Examination	Klausur (90-180min), mündliche Prüfung (20-45min) und/oder schriftliche Ausarbeitung; die Form der Prüfung wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls festgelegt / Written examination (90-180min), oral examination (20-45min) examination and/or writing an essay; the form of the examination is decided by the lecturer at the beginning of the module
Credits	6 credits
Lehreinheit / Teaching unit	Institut für Betriebswirtschaftslehre / Institute of Business Studies
Modulverantwortliche/r Responsible coordinator	Prof. Dr.Christian Klein
Lehrende des Moduls / Lecturers	Alle Dozenten aus dem Bereich Finance / All lecturers of the area of finance
Medienformen / Media	Tafel, Beamer, Moodle, Skripte, Arbeitsblätter und mehr Blackboard, beamer, Moodle, lecture notes, exercise sheets and more
Literatur / Literature	Wird vom Dozenten zu Beginn des Moduls bekannt gegeben. Announced by the lecturer at the beginning of the module.

Anlage 5: Anwendungsschwerpunkt Nanostrukturwissenschaften (ASP 4)

Im Anwendungsschwerpunkt Informatik besuchen Studierende Module aus dem Master Nanostrukturwissenschaften im Umfang von **18 Credits**. Der studentische Arbeitsaufwand beträgt **540 Stunden**. In Wahlpflichtmodulen erwerben Studierende Kompetenzen in speziellen, wissenschaftlichen Themenfeldern. Diese Kompetenzen sind abhängig vom jeweils gewählten Modul. Sie sind im jeweils aktuellen Modulhandbuch des Masters Nanoscience dokumentiert.

Die folgende Grafik stellt einen möglichen Studienverlauf bei Wahl des Anwendungsschwerpunktes Nanostrukturwissenschaften (hellgrüne Felder) dar:

Studienverlaufsplan MSc Mathematik – Schwerpunkt Nanostrukturwissenschaften																																				
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP
1	Wahlpflichtmodul 1* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 2* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 3* 4 + 2 SWS 10c										30					
2	Wahlpflichtmodul 4* 4 + 2 SWS 10c										Wahlpflichtmodul 5* 4 + 2 SWS 10c										Nano 1 WP 6c					Nano 2 WP 6c					32					
3	Wahlpflichtmodul 6* 4 + 2 SWS 10c										MS1 Vertiefungs- seminar 2 SWS 6c					Additive Schlüssel- kompetenzen 6c					Nano 3 WP 6c					28										
4	Masterarbeit und -kolloquium 6 Monate 30c																														30					
Sem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	CP

* Unter den sechs zu absolvierenden Wahlpflichtmodulen müssen aus den fünf Bereichen Analysis, Algebra, Diskrete Mathematik, Numerik und Stochastik mindestens drei abgedeckt werden.

Wahlpflicht- modul	Seminare	Abschluß- arbeit	Anwen- dung	Add. Schlüssel- kompetenz
-----------------------	----------	---------------------	----------------	------------------------------

Folgende Module aus dem Master Nanoscience können besucht werden:

MscMath N01 Research Internship Mathematics in Nanoscience	Wahlpflicht	12 Credits
MscMath N02 Nanochemistry of Polymers and Colloids	Wahlpflicht	6 Credits
MscMath N03 Nanobiology	Wahlpflicht	6 Credits
MscMath N04 Applied Physical Chemistry	Wahlpflicht	6 Credits
MscMath N05 Computational Physics	Wahlpflicht	6 Credits

Studierenden, die einen Auslandsaufenthalt planen, kann das 3. Fachsemester als „**Mobilitätsfenster**“ empfohlen werden. Angesichts des hohen Wahlpflichtanteils im gesamten Masterprogramm bestehen jedoch vielfältige Möglichkeiten ein Auslandssemester einzuplanen.

Die Modulbeschreibungen sind Bestandteil dieser Anlage und werden im Folgenden dargestellt.

Nummer / Number	MscMath N01
Module title	Research Internship Mathematics in Nanoscience
Module type	Pflichtmodul / Required module
Educational outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... haben die Anwendung mathematischer Methoden in den Nanowissenschaften erfahren ... haben Einblicke in mögliche Forschungsfelder von MathematikerInnen in den Nanowissenschaften ... haben eine Vorstellung vom Zusammenhang zwischen Experiment und Simulation ... verstehen die wissenschaftliche Herangehensweise und Methodik der Nanowissenschaften <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have experienced the application of mathematical methods in nanoscience ... have gained insight into possible research fields for mathematicians in nanoscience ... have an idea about the relation of experiment and simulation ... understand the scientific approach and methodology of nanoscience <p>Integrierte Schlüsselkompetenzen:</p> <p>Die Studierenden haben Kommunikationskompetenzen in der wissenschaftlichen Diskussion erworben und sind in der Lage, im Team zu arbeiten (Kommunikationskompetenz).</p> <p>Die Studierenden haben erste Erfahrungen in Projektplanung und -management (Organisationskompetenz)</p> <p>Integrated key competencies:</p> <p>Students have developed communication skills in scientific expert discussions and are able to work in a research team (communication competency)</p> <p>Students have learned the basics of project planning and management (organisational competency)</p>
Types of courses, contact hours	P i 20 SWS
Contents	Participation in an actual research project conducted in a research group of the Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology (CINSA-T)
Course titles	Research Internship Nanoscience
Teaching methods	Laboratory / simulation work
Applicability	M.Sc. Mathematics
Duration	7-8 weeks
Frequency	upon arrangement
Language	English
Recommended Skills	Fundamental knowledge of nanoscience
Prerequisites for participation	keine / none
Students workload	Präsenzzeit: 300 h, Selbststudium 60 h Contact time: 300 h, self studies 60 h
Nongraded learning assignments (Studienleistungen)	(impliziert) Teilnahme an einem Forschungsprojekt (implied) Participation in a research project
Prerequisites for admission to examination	keine / none
Examination	Präsentation des Projektes (schriftlich und/oder mündlich, wird vom jeweiligen Fachgebiet festgelegt) / Presentation on project (written and/or oral, will be organized in the research group)
Number of credits	12 C, einschließlich 2 C für integrierte Schlüsselkompetenzen 12 C (including 2 C for integrated key competencies)
Lehreinheit	Chemie
Responsible coordinator	Fuhrmann-Lieker
Lecturer(s)	Members of the Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology
Media	Laboratory equipment, Computer
Literature	Special literature in nanoscience

Nummer / Number	MscMath N02
Module title	Nanochemistry of Polymers and Colloids
Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Educational outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... kennen die Prinzipien der Kolloid- und Polymerchemie ... kennen theoretische Modelle für Polymerstrukturen und Wechselwirkungen zwischen Nanoteilchen ... haben Erfahrung in physikochemische Experimenten an Nanosystemen</p> <p>Students ... know the principles of colloid and polymer chemistry ... know theoretical models for polymer structures and interactions between nano objects ... have experience in physicochemical experiments on nanosystems</p>
Types of courses, contact hours	VL 3 SWS, P i 1 SWS
Contents	Intermolecular forces and colloid forces, hydrophobic effect, DLVO theory, association colloids, micelles, liquid crystals, micro- and macroemulsions, polymer structure and nomenclature, radical and ionic polymerizations, living polymerizations, catalyzed polymerizations, polycondensation and polyaddition, radius of gyration, scaling laws, polymer solutions and blends, Flory-Huggings model, demixing mechanisms, block copolymers, physicochemical properties of macromolecules. Experimental methods in nanochemistry (e.g. polymer characterization, light scattering, rheology, Langmuir-Blodgett technique)
Course titles	Nanochemistry I Lab course Nanochemistry
Teaching methods	Lecture, laboratory work
Applicability	M.Sc. Mathematics, M.Sc. Physics
Duration	two semesters
Frequency	annually, start in winter semester
Language	English
Recommended Skills	Fundamental knowledge in physical chemistry
Prerequisites for participation	Keine / none
Students workload	Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 120 h, Summe 180 h Contact time: 60 h, self studies: 120 h, sum 180 h
Course projects / nongraded learning assignments (Studienleistungen)	Praktikumsbereich mit mündlichen Verständnistests Report on experiments with oral tests on comprehension
Prerequisites for admission to examination	none
Examination	schriftliche Klausur über Vorlesungsinhalte (2h) Written test about lecture contents (2 h)
Number of credits	6 C
Unit	Chemistry
Responsible coordinator	Fuhrmann-Lieker
Lecturer(s)	Fuhrmann-Lieker
Media	Blackboard, projector, laboratory equipment
Literature	Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, 3rd Ed., Academic Press, Amsterdam 2011; Dörfler, Grenzflächen und kolloid-disperse Systeme, Springer, Berlin 2002; Hiemenz, Rajagopalan, Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd Ed., M. Dekker 1997; Butt, Graf, Kappl, Physics and Chemistry of Interfaces, Wiley-VCH, Weinheim 2006; Tieke, Makromolekulare Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 2005; Gnanou, Fontanille, Organic and Physical Chemistry of Polymers, Wiley, Hoboken 2008; Ravve, Principles of Polymer Chemistry, 3rd Ed., Springer 2012; Young, Lovell, Introduction to Polymers, 3rd Ed., CRC Press, Boca Raton 2011; Cowie, Arrighi, Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials, 3rd Ed., CRC press, Boca Raton, 2007

Nummer / Number	MscMath N03
Module title	Nanobiology
Module type	Required elective module
Educational outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende ... haben ein Wissen erworben, das über Lehrbuchinhalte hinausgeht ... kennen Vorteile und Grenzen molekularer und physiologischer Methoden ... haben vertiefte Einsicht in Struktur-Funktions-Beziehungen erhalten</p> <p>Students ... have acquired knowledge far beyond the contents of textbooks ... know advantages and limitations of molecular and physiological methods ... have reached profound insight into structure function relationships</p>
Types of courses, contact hours	VL 2+2 SWS
Contents	<p>Nanobiology I Assembly of bacterial flagella and pili structures Polymerising proteins of the prokaryotic and eukaryotic cytoskeleton Engineering of turning and stepping motors Force production on a nano scale by cytoskeletal motor proteins Protein Machines and the rise of Synthetic Biology Visualisation and measurement of nano scale forces in biological materials Protein folding into membranes – α-helical vs. β-barrel membrane proteins Transmembrane transport – Structure-function relationships of outer membrane proteins Transmembrane signal transduction in phototaxis</p> <p>Nanobiology II Mass spectrometry Labelling methods Data analysis Applying mass spectrometry to biomedical sciences Protein kinases and epithelial cell polarity Structure and function of nerve-cells and ion channels Signal transduction cascades on excitable membranes Synaptic transmission and information processing in the brain</p>
Course titles	Nanobiology I / Nanobiology II
Teaching methods	Lectures
Applicability	M.Sc. Mathematics
Duration	two semesters
Frequency	annually, start in winter or summer semester possible
Language	English
Recommended Skills	Fundamental knowledge in biology on Bachelor level with respect to the interdisciplinary scientific paradigm of nanoscience
Prerequisites for participation	Keine / none
Students workload	Präsenzzeit: 60 h, Selbststudium 120 h, Summe = 180 h Contact time: 60 h, Self studies: 120 h, Sum = 180 h
Course projects / nongraded learning assignments (Studienleistungen)	Keine / none
Prerequisites for admission to examination	Keine / none
Examination	<p>Zwei Teilprüfungsleistungen: - Klausur über Vorlesungsinhalte Nanobiologie I (90 min) - Klausur über Vorlesungsinhalte Nanobiologie II (90 min) (gewichtet 1:1)</p> <p>Two examination parts: - written test about lecture contents of Nanobiology I (90 min) - written test about lecture contents of Nanobiology II (90 min) (weighted 1:1)</p>
Number of credits	6 C
Unit	Biologie

Responsible coordinator	Maniak
Lecturer(s)	Beati, Kleinschmidt, Maniak, Müller, Wei
Media	Blackboard, beamer, laboratory equipment
Literature	Special literature, to be announced by the lecturers

Nummer / Number	MscMath N04
Module title	Applied Physical Chemistry
Module type	Required elective module
Educational outcomes, competencies, qualification objectives	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ... haben einen Einblick in moderne Forschungsgebiete der Physikalischen Chemie ... haben Erfahrungen mit Messapparaturen der Physikalischen Chemie ... erfahren die Verbindung der Physikalischen Chemie mit Feldern wie Materialwissenschaften und anderen Disziplinen ... sind in der Lage, Spezialliteratur der angewandten Physikalischen Chemie zu lesen und sie einem fortgeschrittenen Publikum zu präsentieren <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> ... have insight into modern research areas of physical chemistry ... have experience with measurement equipment of physical chemistry ... experience the connection of physical chemistry with fields such as materials science and other disciplines ... are able to read special research literature in applied physical chemistry and present it to an advanced audience
Types of courses, contact hours	S 2 SWS P i 2 SWS
Contents	<p>Seminar-type lecture on a modern research field connected with the research in the physical chemistry group (subject to change according to the actual head). In the second half of the semester, the lecture is supplemented by talks given by the participants.</p> <p>Laboratory course with experiments on applied physical chemistry e.g. laser spectroscopy and voltammetry on soft matter and functional materials, conductive polymers, dye-sensitized solar cells, organic display materials, etc.</p>
Course titles	(a) Applied Physical Chemistry (b) Lab course Applied Physical Chemistry
Teaching methods	Lecture, seminar talks, laboratory work
Applicability	M.Sc. Nanoscience, M.Sc. Physics, M.Sc. Mathematics
Duration	one semester
Frequency	annually in summer semester
Language	English
Recommended Skills	Basic and Molecular Physical Chemistry
Prerequisites for participation	keine none
Students workload	Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 120 h, Summe = 180 h Contact time: 60 h, Self studies: 120 h, Summe = 180 h
Course projects / nongraded learning assignments (Studienleistungen)	<ul style="list-style-type: none"> - Vier erfolgreich durchgeführte Experimente, einschließlich Protokoll und Abschlusskolloquium - (implizit) regelmäßige und aktive Teilnahme am Seminar - Four successfully completed experiments, including report and final discussion - (implied) Regular and active participation in the seminar
Prerequisites for admission to examination	keine none
Examination	Seminarvortrag mit Diskussion (30 min) Seminar talk with discussion (30 min)
Number of credits	6 C
Unit	Chemistry
Responsible coordinator	Head of physical chemistry group
Lecturer(s)	N.N., Fuhrmann-Lieker
Media	Projector, laboratory equipment, online learning platform
Literature	Special literature

Nummer / Number	MscMath N05
Module title	Computational Physics
Module type	Wahlpflichtmodul / Required elective module
Educational outcomes, competencies, qualification objectives	<p>- Grundlegendes Verständnis der numerischen Herangehensweise an Probleme der theoretischen Physik Kenntnis der wichtigsten numerische Methoden zur Lösung von Problemen aus der klassischen, Quanten- sowie statistischen Mechanik auf dem Computer</p> <p>- Programmiererfahrung sowie die Fähigkeit, moderne Computercluster zu benutzen, und Erfahrung in der Performance-Evaluation von Software</p> <p>- Verständnis von Computerarchitekturen</p> <p>- Fähigkeit, ein theoretisch formuliertes Problem in einen Computeralgorithmus umzusetzen.</p> <p>- Erste praktische Erfahrung mit einem kleinen Projekt der computerorientierten theoretischen Physik, angefangen von der mathematischen Formulierung über Implementierung des Programms und Debuggen von Compiler- oder Run-time-Fehlern bis hin zur Analyse der Ergebnisse.</p> <p>- Understand and apply the fundamental numerical implementation procedures in order to solve problems in theoretical physics by means of computers. Knowledge of the most important numerical methods for solving problems in classical, quantum and statistical mechanics.</p> <p>- Acquire state of the art programming skills, good programming practices and an efficient use of high performance computer clusters, including experience with performance evaluation software..</p> <p>- Understand the current computer architectures.</p> <p>- Ability to implement a mathematically formulated theoretical problem in the form of computer algorithm.</p> <p>- First practical experience with a small theoretical problem from the mathematical formulation, over the Computer-program conception, its implementation and run-time debugging up to the physical analysis of the numerical results.</p>
Types of courses, contact hours	VL 3 SWS, Ü 1 SWS
Contents	<p>Introduction to the Fortran programming language. Use of Fortran compilers and the Unix operating system.</p> <p>Introduction to parallel programming: Computer architectures, parallelization strategies, performance evaluation, message passing interface, OpenMp, etc.</p> <p>A selection of the following subjects. The choice is made by the lecturer taking into account possible student interests so that a diverse and most instructive field is covered.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Numerical methods for solving optimisation problems (genetic algorithms, basin hopping, Metropolis Monte Carlo, parallel tempering Monte Carlo). 2) Numerical methods for quantum many-body lattice models (Lanczos- and Davidson-Methods). 3) Density functional theory with local basis sets. 4) Classical adiabatic and non-adiabatic molecular dynamics simulations. Langevin Dynamics. 5) Statistical Markov dynamics (Master equation, kinetic Monte Carlo). 6) Numerical methods for the description of non-adiabatic quantum dynamics. 7) Methods of numerical representation of dynamical quantum systems (discrete variable representation, Binary representation of spin systems). 8) Numerical solution of the time-dependent Schrödinger and Liouville von Neumann equations (orthogonal polynom propagator, Krylov-Space methods). Time-dependent density functional theory 9) Non-perturbative treatment of light-matter interactions . 10) Numerical Ansätze in optimal control theory (Gradient methods, Krotov-Method, etc.)
Course titles	Computational Physics / Exercises on Computational Physics
Teaching methods	Lecture, Exercises, practical work at desktop computers
Applicability	M.Sc. Nanoscience, M.Sc. Physik
Duration	one Semester
Frequency	every second year in summer semester
Language	English
Recommended Skills	

Prerequisites for participation	Keine / none
Students workload	Präsenzzeit 60 h, Selbststudium 120 h, Summe 180 h Contact hours: 60h, self studies: 120 h, sum = 180h
Course projects / nongraded learning assignments (Studienleistungen)	Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Successful participation at exercises
Prerequisites for admission to examination	Studienleistung Course project
Examination	Entwicklung eines kleinen Computerprogramms zur numerischen Lösung eines einfachen Problems von physikalischem oder numerischem Interesse, das aus den in der Vorlesung behandelten Themen ausgewählt wird. Kurzer schriftlicher Bericht über Algorithmus inklusive Ergebnisanalyse oder entsprechender Kurzvortrag im Rahmen eines Seminars mit anschließender wissenschaftlicher Diskussion. Development of a computer program for the numerical solution of a relatively simple problem having a clear physical and/or numerical interest. The actual problem is chosen by the student from a number of alternatives proposed by the lecturer, which are related to the subjects treated in the lectures. Included is a short written report on the problem, algorithm, and analysis of the results. Alternatively the written report may be replaced by an oral presentation in the framework of a seminar, which includes a scientific discussion.
Number of credits	6 c
Unit	Physik
Responsible coordinator	Pastor
Lecturer(s)	Koch, Garcia, Pastor
Media	Practical work at computers
Literature	Subject dependent