# Modulkatalog Master of Science
# 200 Computational and Data Science
PO-Version 2014

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

## Inhaltsverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| | Erläuterung zum Modulkatalog | 4 |
| FMI-IN0001 | Algorithmen und Datenstrukturen | 5 |
| FMI-IN0002 | Grundlagen der Algorithmik | 7 |
| FMI-IN0025 | Grundlagen informatischer Problemlösung | 9 |
| FMI-IN0034 | Maschinelles Lernen und Datamining | 12 |
| FMI-IN0036 | Mustererkennung | 14 |
| FMI-IN0046 | Rechnersehen I | 16 |
| FMI-IN0075 | Objektorientierte Programmierung | 18 |
| FMI-IN0076 | Deklarative Programmierung | 20 |
| FMI-IN0095 | Algorithmische Geometrie I | 22 |
| FMI-IN0096 | Algorithmische Grundlagen des maschinellen Lernens | 24 |
| FMI-IN0101 | Konvexe Optimierung | 26 |
| FMI-IN0102 | Algorithm Engineering Lab | 28 |
| FMI-IN0106 | Grundlagen der Rechnerarithmetik | 30 |
| FMI-IN0107 | Intervallarithmetik | 33 |
| FMI-IN0119 | Algorithm Engineering | 35 |
| FMI-IN0125 | Automatisches Differenzieren | 37 |
| FMI-IN0126 | Hochleistungsrechnen | 39 |
| FMI-IN0129 | Parallele Algorithmen | 41 |
| FMI-IN0136 | Parallel Computing I | 42 |
| FMI-IN0137 | Parallel Computing II | 44 |
| FMI-IN0138 | Visualisierung - 6 LP | 46 |
| FMI-IN0139 | Elemente der rechen- und datengetriebenen Wissenschaften | 48 |
| FMI-IN0140 | Management of Scientific Data | 50 |
| FMI-IN0141 | Big Data | 52 |
| FMI-IN0142 | Seminar Computational and Data Science | 54 |
| FMI-IN0143 | Visualisierung - 3 LP | 55 |
| FMI-IN0147 | Informationstheorie | 56 |
| FMI-IN0150 | Graphische Modelle - 9 LP | 58 |
| FMI-IN0151 | Graphische Modelle (Lab) | 59 |
| FMI-IN0156 | Einführung in tiefe Lernverfahren | 61 |

| | | |
|---|---|---|
| FMI-IN0157 | Statistische Lerntheorie (Lab) | 63 |
| FMI-IN2000 | Datenbanken und Informationssysteme | 64 |
| FMI-MA0007 | Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie | 66 |
| FMI-MA0017 | Grundlagen der Analysis | 68 |
| FMI-MA0022 | Lineare Algebra | 70 |
| FMI-MA0028 | Numerische Mathematik - 3 LP | 71 |
| FMI-MA0101 | Algebra 1 | 72 |
| FMI-MA0104 | Codierungstheorie- 9 LP | 73 |
| FMI-MA0144 | Codierungstheorie | 75 |
| FMI-MA0202 | Analysis 2 | 77 |
| FMI-MA0203 | Analysis 3 | 79 |
| FMI-MA0204 | Approximationstheorie 1 - 9 LP | 81 |
| FMI-MA0207 | Höhere Analysis 1 | 83 |
| FMI-MA0208 | Approximationstheorie 1 - 6 LP | 85 |
| FMI-MA0244 | Gewöhnliche Differentialgleichungen | 87 |
| FMI-MA0288 | Wavelets - 3 LP | 89 |
| FMI-MA0302 | Lineare Algebra 2 | 90 |
| FMI-MA0406 | Klassische Differentialgeometrie - 9 LP | 92 |
| FMI-MA0446 | Klassische Differentialgeometrie - 6 LP | 94 |
| FMI-MA0500 | Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen | 96 |
| FMI-MA0520 | Numerik von Randwertproblemen - 9 LP | 97 |
| FMI-MA0521 | Numerik von Randwertproblemen - 6 LP | 99 |
| FMI-MA0550 | Monte-Carlo Methoden - 9 LP | 101 |
| FMI-MA0551 | Monte-Carlo Methoden - 6 LP | 102 |
| FMI-MA0572 | Hyperbolische Erhaltungssätze und Wellengleichungen | 104 |
| FMI-MA0601 | Lineare Optimierung | 106 |
| FMI-MA0701 | Stochastik 1 (Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik) | 108 |
| FMI-MA0706 | Praktische Finanzmathematik 1 | 110 |
| FMI-MA0741 | Statistische Verfahren | 112 |
| FMI-MA1101 | Algorithmische Algebra | 114 |
| FMI-MA1208 | Wavelets - 9 LP | 115 |
| FMI-MA1215 | Sobolevräume | 117 |
| FMI-MA1217 | Distributionen - 6 LP | 118 |
| FMI-MA1221 | Distributionen - 9 LP | 120 |
| FMI-MA1401 | Differentialgeometrie - 9 LP | 122 |
| FMI-MA1441 | Differentialgeometrie - 6 LP | 124 |
| FMI-MA1520 | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 9 LP | 126 |
| FMI-MA1521 | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 6 LP | 127 |
| FMI-MA1534 | Wissenschaftliches Rechnen I | 129 |
| FMI-MA1535 | Wissenschaftliches Rechnen II | 131 |

| | | |
|---|---|---|
| FMI-MA1550 | **Komplexität stetiger Probleme** | **133** |
| FMI-MA1554 | **Komplexität stetiger Probleme - 9 LP** | **134** |
| FMI-MA1570 | **Computational Finance** | **135** |
| FMI-MA1571 | **Moleküldynamik** | **137** |
| FMI-MA1612 | **Mathematische Modelle für Optimierungsprobleme - 6 LP** | **138** |
| FMI-MA1706 | **Nichtparametrische Kurvenschätzung** | **139** |
| FMI-MA1714 | **Bootstrap-Verfahren** | **140** |
| FMI-MA1738 | **Finanzmathematik** | **141** |
| PAFMO243 | **Optisches Maschinelles Lernen** | **142** |
| FMI-IN0902 | **Masterarbeit Computational and Data Science** | **144** |
| | **Abkürzungen** | **145** |


**Hinweis :** Hinweis: Prüfungen, den Prüfungen zugeordnete Lehrveranstaltungen sowie Prüfungstermine können in Friedolin unter dem Menüpunkt "Modulkataloge" eingesehen werden. Nach Login wählen Sie dazu bitte Abschluss, Studiengang und Modul. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt.

## Erläuterung zum Modulkatalog

M.Sc. Computational and Data Science:

Aktuelle Informationen zum Studium finden Sie auf der Studiengangs-Seite der Fakultät für Mathematik und Informatik: www.fmi.uni-jena.de/cdsm

Die Pflichtmodule entnehmen Sie bitte dem Musterstudienplan.

**Wahlpflichtmodule können nur im Einvernehmen mit der/dem Studiengangverantwortlichen gewählt werden.** Die folgenden Modulbeschreibungen enthalten nur einige Möglichkeiten.

| Modul **FMI-IN0001** Algorithmen und Datenstrukturen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0001 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithmen und Datenstrukturen |
| Modultitel (englisch) | Algorithms and Data Structures |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0013 Diskrete Strukturen I<br>FMI-IN0014 Diskrete Strukturen II |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA Gym (Erweiterung) Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto A)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Algorithmik; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI; BAN: WP I: BWL und Wirtschaftsinformatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Pflichtmodul (Informatik)<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Konto A) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | - Sortieralgorithmen<br>- Hashing<br>- Grundlegende Algorithmenentwurfstechniken (Dynamisches Programmieren, Greedy, Teile und Herrsche, Brach and Bound)<br>- Heaps (Binomialheaps, Fibonacci-Heaps)<br>- Algorithmen auf Graphen |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen<br>- Befähigung zu Entwurf und Analyse (Korrektheit, Laufzeit, Speicherplatzbedarf) effizienter Allgorithmen für Basisprobleme<br>- Entwicklung klar formulierter Pseudocodes |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Übungskriterien, die zum Modulbeginn festgelegt werden |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung (Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls) |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | LA Informatik: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen<br>ab WS 2014/15 verschoben in das SoSe |
| Empfohlene Literatur | Th. H. Cormen, Ch. E. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: Algorithmen – Eine Einführung, Oldenburg. |

| Modul **FMI-IN0002** Grundlagen der Algorithmik | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0002 |
| Modultitel (deutsch) | Grundlagen der Algorithmik |
| Modultitel (englisch) | Foundations of Algorithmics |
| Modul-Verantwortliche/r | Christian Komusiewicz |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0001 Algorithmen und Datenstrukturen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Algorithmik)<br>- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA; Konto C: Mathematik/ Informatik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Algorithmik; Vertiefung: Optimierung; ASQ; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Bereich Optimierung)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2020): Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | - |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | SWS Vorlesung 2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | - Behandlung fortgeschrittener Methoden und Techniken des Algorithmenentwurfs und der Algorithmenanalyse zum Erreichen eines Grundverständnisses von Kernthemen der Algorithmik.<br>- Zugleich Basis für weiterführende Spezialvorlesungen.<br>- Einzelne Themen beispielsweise<br>- Graphalgorithmen, Algorithmen auf Zeichenketten, kombinatorische Optimierung, NP-vollständige Probleme<br>- untere Schranken, NP-vollständige Probleme |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | - Vertiefte Kenntnisse algorithmischer Methoden<br>- Befähigung zu Entwurf und Analyse effizienter Algorithmen<br>- Einsicht von Polynomzeitlösbarkeit und deren Ausweitung |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Übungskriterien, die zum Modulbeginn festgelegt werden |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung (Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls) |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | |
| Empfohlene Literatur | Jon Kleinberg, Èva Tardos: Algorithm Design, Addison-Wesley |

| Modul **FMI-IN0025** Grundlagen informatischer Problemlösung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0025 |
| Modultitel (deutsch) | Grundlagen informatischer Problemlösung |
| Modultitel (englisch) | Foundations of Computational Problem Solving |
| Modul-Verantwortliche/r | Prof. Dr. Clemens Grelck, Prof. Dr. Birgitta König-Ries |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Regelschule Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA Gymnasium Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA Gym (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020; PO-V. 2024): Pflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto A)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Vertiefung KIMA)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Konto A) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung<br>2 SWS Praktikum |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>120 h<br>150 h |

| | |
|---|---|
| Inhalte | In der Veranstaltung werden in unabhängig voneinander durchgeführten Vorlesungen die Konzepte der algorithmischen Problemlösung und der prozeduralen Programmierung eingeführt.<br>In der Vorlesung „Grundlagen Algorithmischer Problemlösung" erfolgt eine Einführung in die Grundlagen der Informationsverarbeitung und eine erste Betrachtung des Algorithmusbegriffes. Aufbauend auf diesen Ausführungen<br>werden informatische Methoden zur Problemlösung und Ansätze zur Modellierung von Problemen und Lösungsstrategien eingeführt.<br>In der Vorlesung „Grundlagen der Programmierung" wird gezeigt, wie man einfache Probleme mit Hilfe von Computer-Programmen lösen kann. Die Vorlesung bietet eine Grundlagen-orientierte Einführung in die Konzepte der strukturierten prozeduralen Programmierung am Beispiel der Systemprogrammiersprache C. Neben den wesentlichen Kontroll- und Datenstrukuren werden in der Vorlesung auch wichtige Informatik-Grundlagen wie die formale Beschreibung von Syntax und Semantik von Programmiersprachen oder die Repräsentation von Daten in Computern behandelt.<br>In den Übungen werden die gelehrten Programmierkenntnisse an Hand konkreter Aufgaben praktisch geübt und vertieft. In den zusätzlich durchgeführten Praktika können die Studierenden unter Anleitung programmieren und Fragen zum Vorlesungsstoff diskutieren. |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Grundverständnis informatorischer Fragestellungen und Lösungsansätze<br>- Fähigkeit zur Problemlösung in der Informatik<br>- Beherrschung der strukturierten prozeduralen Programmierung am Beispiel der Sprache C<br>- Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Grundlagen der Programmierung: Erreichen einer Mindestanzahl von Punkten in den praktischen Programmieraufgaben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | 2 Teilprüfungen (je 50 %)<br>- Grundlagen der Programmierung: Klausur oder mündliche Prüfung, Leistungen bei den Übungsaufgaben werden in die Endnote miteinbezogen.<br>- Grundlagen Algorithmischer Problemlösung: Klausur oder mündliche Prüfung<br>Beide Teilprüfungen müssen unabhängig voneinander bestanden werden.<br>Die Teilprüfung Grundlagen der Programmierung kann nur durch die Wiederholung des gesamten Teilmoduls wiederholt werden.<br>Die konkrete Prüfungsform (Klausur/mündliche Prüfung) wird jeweils am Anfang des Semesters in der zugehörigen Lehrveranstaltung bekannt gegeben. |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Lehramt Informatik Gymnasium: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Backhouse: Algorithmic Problem Solving, Wiley, 2011<br>Kerninghan/Ritchie: The C Programming Language. Pentice Hall Software. 2000<br>Goll/Dausmann: C als erste Programmiersprache. Springer Vieweg, 2014<br>Riley/Hunt: Computational Thinking for the Modern Problem Solver. CRC Press, 2014 |

| Modul **FMI-IN0034** Maschinelles Lernen und Datamining | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0034 |
| Modultitel (deutsch) | Maschinelles Lernen und Datamining |
| Modultitel (englisch) | Machine Learning and Datamining |
| Modul-Verantwortliche/r | Paul Bodesheim |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0036 (Mustererkennung) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Regelschule Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020; PO-V. 2024): Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT; Vertiefung KIMA)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Strukturaufdeckung, Klassifizierung oder Entwicklungsvorhersage aus großen Datenfluten (Finanzprozesse, Handel und Transport, med./biol. Datensätze, Klimamesswerte, elektronische Dokumente, Fertigungsautomatisierung)<br>Vorlesungsthemen sind u.a.: Skalentypen; Visualisierung hochdimensionaler Daten (PCA, MDS, ICA); überwachte Lernverfahren (Versionenraum, Entscheidungsbaum, lineare/logistische Modelle); unüberwachte Lernverfahren (hierarchisch, (fuzzy) K-means, spektral); Graphische Modelle (Bayesnetze, Markovnetze, Induktion und Inferenz) |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | - Tiefgreifende Fachkenntnisse des Gebiets Maschinelles Lernen<br>- Fähigkeit zur Analyse, Design und Realisierung von ML-Systemen<br>- Flächendeckende Übersicht aktueller Techniken des Datamining<br>- Vertiefte Kenntnisse im Gebiet „Graphische Modelle" |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Schriftliche Prüfung (100%) oder mündliche Prüfung (100%) Wird zu Veranstaltungsbeginn festgelegt |
| Empfohlene Literatur | Bishop, Christopher: Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.<br>Mitchell, Tom Michael: Machine Learning. McGraw-Hill, 1997.<br>Edwards, David: Introduction to Graphical Modelling. New York, Springer, 1995. |
| Unterrichtssprache | Deutsch |

| Modul **FMI-IN0036** Mustererkennung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0036 |
| Modultitel (deutsch) | Mustererkennung |
| Modultitel (englisch) | Pattern Recognition |
| Modul-Verantwortliche/r | Paul Bodesheim, Joachim Denzler |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Grundkenntnisse in<br>- Programmierung (Module etwa FMI-IN0025 „Grundlagen informatischer Problemlösung" oder FMI-IN1009 „Strukturiertes Programmieren")<br>- Algorithmen und Datenstrukturen (Module etwa FMI-IN0001 „Algorithmen und Datenstrukturen" oder FMI-IN10001 „Algorithmische Grundlagen")<br>- Automaten (Module etwa FMI-IN0005 „Automaten und Berechenbarkeit" oder FMI-IN0006 „Berechenbarkeit und Komplexität")<br>- Analysis und Linearer Algebra (Module etwa FMI-MA0022 „Lineare Algebra" + FMI-MA0017 „Grundlagen der Analysis" oder FMI-IN3004 „Mathematik für das Lehramt Informatik") |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Regelschule Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020; PO-V. 2024): Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme)<br>- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (ASQ; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (INT) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium | 180 h<br>60 h<br>120 h |

| | |
|---|---|
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen) | |
| Inhalte | Einführung in die Methoden der Mustererkennung zur maschinellen Modellierung und Simulation komplexer Informationsverarbeitungsprozesse, wie sie insbesondere bei der Wahrnehmung und Auswertung visueller, akustischer oder taktiler Sinneseindrücke durch den Menschen auftreten. Diskretisierung/Filterung/Normierung; Merkmalauswahl und Merkmaltransformation; statistische, diskriminative und nichtparametrische Klassifikatoren; unüberwachtes Lernen; Zeitreihen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Umfassendes Verständnis von Musteranalysetechniken und deren fachübergreifendem Einsatz und Nutzen<br>Einblick in einschlägige Anwendungsgebiete der Mustererkennung<br>Vertiefte Kenntnisse des Gebietes „Numerische Klassifikatoren"<br>Fähigkeit Modelle und Systeme der Mustererkennung zu entwickeln |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Bearbeitung der Übungsaufgaben<br>Mindestens 50% der erzielbaren Punkte erreicht |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (100%) oder mündliche Prüfung (100%)<br>Festlegung erfolgt zu Semesterbeginn |
| Empfohlene Literatur | Niemann, Heinrich: Pattern Analysis and Understanding, Springer 1990.<br>Duda, Richard; Hart, Peter; Stork,Dave: Pattern Classification, Wiley 2001.<br>Bishop, Christopher: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006. |

| Modul **FMI-IN0046** Rechnersehen I | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0046 |
| Modultitel (deutsch) | Rechnersehen I |
| Modultitel (englisch) | Computer Vision I |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Denzler |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (ASQ; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (INT) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Bilddatenstrukturen, Mathematische Beschreibung und Schätzung von Störprozessen, Theorie linearer Systeme, Bildvorverarbeitung und -verbesserung im Ortsbereich, Fourieranalyse, Bildvorverarbeitung und -verbesserung im Frequenzbereich, Nicht-lineare Filter, Farbbildverarbeitung, Multiskalenanalyse, einfache Bildmerkmale und deren Extraktion, Segmentierung (Linien, Regionen, Textur), Grundlagen der Bewegungsberechnung, Grundlagen der 2-D Objekterkennung |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden kennen grundlegende mathematische Methoden und Techniken der digitalen Bildverarbeitung um Verfahren zur Bildverbesserung, Extraktion von 2D Information aus Bildern sowie deren Interpretation zu realisieren. Die Studierenden sind ebenfalls in der Lage kommerzielle Tools (MATLAB) zu nutzen, um einfache Systeme zur Verarbeitung und Interpretation von Bildinformation zu implementieren. Studierende erhalten damit Einblick, wie intelligente Systeme von Kameras aufge-nommene Daten verarbeiten und interpretieren können.<br>Im Bereich der Master-Studiengänge werden im Rahmen der Übungsserien Einblicke in die theoretischen Grundlagen der vorgestellten Verfahren anhand spezieller Übungsaufgaben gegeben. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | 60 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (60 Min.) oder mündliche Prüfung<br>Abgestufte (Prüfungs-)Anforderungen berücksichtigen das von Bachelor- und Masterstudierenden jeweils erwartbare Leistungsniveau. |
| Empfohlene Literatur | Gonzalez, Woods: Digital Image Processing. Prentice Hall. 2002.<br>Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung. Pearson. 2005. |

| Modul **FMI-IN0075** Objektorientierte Programmierung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0075 |
| Modultitel (deutsch) | Objektorientierte Programmierung |
| Modultitel (englisch) | Object-oriented Programming |
| Modul-Verantwortliche/r | Wolfram Amme |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0025 Grundlagen informatischer Problemlösung |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Regelschule Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA Gymnasium Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 LA Gym (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020): Pflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto A)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 5 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 150 h<br>60 h<br>90 h |
| Inhalte | Zentrales Thema der Vorlesung/Übung ist die Behandlung objektorientierter Programmierkonzepte (wie Klassen, Objekte, Felder, Methoden, Vererbung, Schnittstellen, generische Programmierung, etc.). Neben der allgemeinen Betrachtung wird zudem die Realisierung der Konzepte in modernen, gegenwärtig verwendeten, objektorientierten Programmiersprachen vorgestellt.<br>Weitere Teile der Vorlesung behandeln vertieft objektorientierte Modellierungstechniken sowie Aspekte des nebenläufigen objektorientierten Programmentwurfs.<br>In der Übung sollen die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse gefestigt werden. |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Grundkenntnisse objektorientierter Programmierkonzepte und deren Anwendbarkeit<br>- Beherrschen einer objektorientierten Programmiersprache<br>- Fähigkeit zur objektorientierten Modellierung<br>- Grundverständnis für nebenläufige Programmausführungen |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | 50% der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Lehramt Informatik Gymnasium: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen |
| Empfohlene Literatur | Niemeyer, Peck: Learning Java. O´Reilly Verlag. 2005.<br>Middendorf, Singer, Heid: Java: Programmierhandbuch und Referenz für die Java-2-Plattform. dpunkt.verlag. 2002 |

| Modul **FMI-IN0076** Deklarative Programmierung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0076 |
| Modultitel (deutsch) | Deklarative Programmierung |
| Modultitel (englisch) | Declarative Programming |
| Modul-Verantwortliche/r | Clemens Beckstein |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0025 Grundlagen informatischer Problemlösung |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik: Pflichtmodul<br>- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto A)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 4 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 120 h<br>60 h<br>60 h |
| Inhalte | In der Vorlesung/Übung werden Grundkonzepte der deklarativen Programmierung eingeführt:<br>- Grundlagen der funktionalen Programmierung mit LISP (Scheme): Symbolverarbeitung, Rekursion, funktionale und Datenabstraktion, Funktionen höherer Ordnung, textuelle Abstraktion.<br>- Grundlagen der logischen Programmierung mit PROLOG: Horn-Klauseln, Unifikation, SLDNF-Resolution, Ausüben von Kontrolle, Inferenzmaschinen, DCG-Grammatiken |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Grundverständnis für das deklarative Programmierparadigma und dessen Anwendungsbereiche: Komplexe, unvollständig bestimmte und semantische<br>Problemstellungen, insbesondere bei der Wissensverarbeitung.<br>- Grundkenntnisse in der LISP/(Scheme)- sowie Prolog-Programmierung. |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Lehramt Informatik Gymnasium: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen |
| Empfohlene Literatur | Abelson, H., Sussman, G.J., Structure and Interpretation of Computer programs, 2nd edition, MIT Press, 1996.<br>Kapitel 5 in: Goos, G., Vorlesungen über Informatik, Band 1, Springer-Verlag, Berlin, 2000.<br>Kapitel KI-Programmierung in: Görz, G. (Hrsg.), Einführung in die Künstliche Intelligenz, Addison-Wesley, Bonn, 1993. |

| Modul **FMI-IN0095** Algorithmische Geometrie I | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0095 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithmische Geometrie I |
| Modultitel (englisch) | Computational Geometry I |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0002 Grundlagen der Algorithmik |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Algorithmik)<br>- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA; Konto C: Mathematik/ Informatik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Algorithmik; ASQ; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik); NF Informatik)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>90 h<br>90 h |
| Inhalte | Geometrisches Modellieren:<br>- Geometrische Prädikate (z.B. in-circle, left-of-hyperplane)<br>- Voronoi Diagramme, Delaunay Triangulierungen<br>- Simpliziale Komplexe / Simpliziale Homologie<br>Anwendungen in Computergraphik / Datenanalyse |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Verständnis grundlegender Techniken des geometrischen Modellierens<br>- Befähigung zur Implementierung geometrischer Algorithmen<br>- Einblick in Anwendungen des geometrischen Modellierens |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Übungskriterien, die zu Modulbeginn festgelegt werden |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Abschlussprüfung: Klausur oder mündliche Prüfung; Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | |
| Empfohlene Literatur | - Tamal K. Dey. Curve and Surface Reconstruction: Algorithms with Mathematical Analysis. Cambridge University Press.<br>- Herbert Edelsbrunner. Geometry and Topology for Mesh Generation. Cambridge University Press.<br>- Afra Zomorodian. Topology for Computing. Cambridge University Press.<br>- Mark de Berg, Mark van Kreveld, Mark Overmars and Otfried Schwarzkopf. Computational Geometry. Springer Verlag. |

| Modul **FMI-IN0096** Algorithmische Grundlagen des maschinellen Lernens | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0096 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithmische Grundlagen des maschinellen Lernens |
| Modultitel (englisch) | Algorithmic Foundations of Machine Learning |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0013 Diskrete Strukturen I<br>FMI-IN0014 Diskrete Strukturen II |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Data Science)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>90 h<br>90 h |
| Inhalte | Überwachtes Lernen:<br>• Klassifikation<br>• Regression<br>• Matrixrekonstruktion<br><br>Nicht-überwachtes Lernen:<br>• Clustering<br><br>Statistische Lerntheorie<br>Information Retrieval<br>Spieltheorie |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Grundverständnis von statistischen und algorithmischen Techniken des maschinellen Lernens<br>• Befähigung, Verfahren des maschinellen Lernens einschätzen und anwenden zu können<br>• Einblick in Anwendungen des maschinellen Lernens. |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Übungskriterien, die zum Modulbeginn festgelegt werden |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung (Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls) (100%) |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Wenn dieses Modul bereits im Bachelor-Studium belegt wurde, entfällt es als Pflichtmodul im M.Sc. CDS. In diesem Fall vergrößert sich der Wahlpflichtbereich um 6 LP (§ 6 Abs. 3 Studienordnung). Dafür ist eine Pflichtberatung beim Studiengangverantwortlichen nötig (§ 7 Abs. 5 Studienordnung). |
| Empfohlene Literatur | - Duda, Richard O.; Hart, Peter E.; Stork, David G.: Pattern Classifi-cation.<br>- Scholkopf, Bernhard; Smola, Alexander J.: Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Be-yond.<br>- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome H.: Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction.<br>- Shawe-Taylor, John; Christianini, Nello: Kernel Methods for Pattern Analysis. |

| Modul **FMI-IN0101** Konvexe Optimierung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0101 |
| Modultitel (deutsch) | Konvexe Optimierung |
| Modultitel (englisch) | Convex Optimization |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0095 Algorithmische Geometrie |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA; Vertiefung ALG)<br>- 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Vertiefung Optimierung; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Scientific Computing)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Bioinformatisch relevante Informatik)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Optimierung) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | - |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Konvexe Mengen und Funktionen<br>• konvexe Optimierungsprobleme<br>• lineare, konvexe quadratische und semi-definite Programme<br>• Dualität<br>• Elipsoidmethode<br>• simplexartige Algorithmen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Grundlegendes Verständnis für die Theorie und Praxis der konvexen Optimierung.<br>Einsicht in die Beschränkungen der verschiedenen Verfahren, z.B. numerische Stabiliät. |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Übungskriterien, die zu Modulbeginn festgelegt werden |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung (100%); Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus): mindestens alle 3 Jahre |
| Empfohlene Literatur | Boyd, Stephen P.; Vandenberghe, Lieven: Convex Optimization Convex Optimization.<br>Gärtner, Bernd; Matousek, Jiri: Understanding and Using Linear Programming. |

| Modul **FMI-IN0102** Algorithm Engineering Lab | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0102 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithm Engineering Lab |
| Modultitel (englisch) | Algorithm Engineering Lab |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0002 Grundlagen der Algorithmik<br>FMI-IN0119 Algorithm Engineering |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Praktikum |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Entwurf und Implementierung von Algorithmen mit Betonung auf Korrektheit und Effizienz<br>Techniken zum Vermeiden und Beheben von Fehlern bzgl. Korrektheit sowie zur Verbesserung der Effizienz<br>Durchführen und Auswerten von Messungen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Nach Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage Algorithmen mittels Debugging, Testing, Profiling und Benchmarking korrekt und effizient zu implementieren.<br>Sie können Messungen an entwickeltem Code durchzuführen und verstehen wie man die Messungen auswertet und interpretiert. Des Weiteren erlernen sie vertiefte, Masterstudierende sogar fortgeschrittene Programmiertechniken. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Projektarbeit<br>Die Prüfung kann nur durch Wiederholung des ganzen Moduls wiederholt werden. |
| Empfohlene Literatur | Andrei Alexandrescu: The D Programming Language<br>Andrew Koenig; Barbara E. Moo: Accelerated C++. Practical Programming by Example<br>Scott Meyers: Effective C++: 55 Specific Ways to Improve Your Programs and Designs<br>Stanley B. Lippmann; Josee Lajoie; Barbara E. Moo: C++ Printer |

| Modul **FMI-IN0106** Grundlagen der Rechnerarithmetik | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0106 |
| Modultitel (deutsch) | Grundlagen der Rechnerarithmetik |
| Modultitel (englisch) | Foundations of Computer Arithmetic |
| Modul-Verantwortliche/r | Eberhard Zehendner |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; Vertiefung RAR)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 3. Semester |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |

| | |
|---|---|
| Inhalte | Wie rechnet eigentlich ein Rechner? Dieser grundlegenden, für Anwendungen in den verschiedensten Gebieten enorm wichtigen Frage soll in dieser Lehrveranstaltung detailliert nachgegangen werden.<br>Der erste Teil der Vorlesung beschäftigt sich mit Methoden und Ergebnissen einer darstellungsunabhängigen Formalisierung der Rechnerarithmetik: Maschinenarithmetik als Approximation wohlbekannter Strukturen der Algebra (natürliche Zahlen, ganze Zahlen, Restklassenringe oder -körper) bzw. Analysis (Körper der rationalen, reellen oder komplexen Zahlen). Typisierung der Zahlenbereiche (Ganzzahlsysteme, Festkommasysteme, Gleitkommasysteme, Rationalarithmetik, logarithmische Zahlensysteme sowie weitere unkonventionelle Zahlensysteme, z.B. Arithmetik variierender Genauigkeit oder adaptive Arithmetik). Anomalien bei Anwendung der üblichen Operationen auf die gewählten Zahlenbereiche. Definitionslücken, Überlauf, Rundung, Rundungsfehler, Genauigkeit, Gültigkeit oder Ungültigkeit erwarteter Gesetzmäßigkeiten. Spielräume bei der Festlegung von Zahlenbereichen und Operationen. Effekte sukzessiver Ausführung mehrerer elementarer Rechenschritte.<br>Im zweiten Teil der Vorlesung werden gebräuchliche externe oder interne Zahlendarstellungen besprochen, darunter insbesondere Ganzzahl-, Festkomma-, Gleitkomma- und logarithmische Zahlendarstellungen, redundante Zahlendarstellungen, Residuen- und gepackte Arithmetik.<br>Der dritte Teil der Vorlesung stellt fundamentale Algorithmen zur Durchführung arithmetischer Operationen vor: Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, Rest sowie diverse Konversionsoperationen; für nicht ganzzahlige Operanden zusätzlich Quadratwurzel, Exponentiation, Logarithmierung, trigonometrische Funktionen, CORDIC-Verfahren, Norma-lisierung, Rundung.<br>Die Vorlesung schließt mit einem praxisorientierten Teil, in dem die Arithmetik spezifischer Anwendungen (Mikroprozessoren, PCs, PDAs, Taschenrechner, Mobilfunkgeräte, Währungsumrechnung, Tabellenkalkulation, Computergrafik, Text- und Formelsatz, Computer-Algebra-Systeme, Programmiersprachen, etc.) systematisch eingeordnet und insbesondere die wichtigen IEEE-Gleitkommastandards 754, 854 und 754R ausführlich besprochen werden.<br>In Selbststudium und Gruppenarbeit können die Studierenden anhand ausgewählter Beispielszenarien die Auswirkungen von Entscheidungen hinsichtlich Zahlenbereich, Zahlendarstellung, Rundung etc. praktisch erfahren, statistische Beobachtungen zu Wirkungen und Häufigkeit der Anomalien machen sowie Software-Implementierungen verschiedener arithmetischer Algorithmen herstellen und miteinander vergleichen. |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden haben Einsicht in grundsätzliche rechnerarithmetische Probleme und Zusammenhänge, prinzipielle Grenzen der Rechnerarithmetik und wichtige Unterschiede zum idealisierten mathematischen Rechnen.<br>Sie kennen die typischen Zahlenbereiche und -darstellungen, aktuelle Standards sowie fundamentale Algorithmen zur Durchführung arithmetischer Operationen in Digitalrechnern.<br>Sie sind zu selbstständiger und korrekter Implementierung derartiger Algorithmen in Software sowie zu regelmäßiger systematischer Erneuerung des erworbenen Fachwissens fähig.<br>Sie besitzen Kompetenz in fachlicher Kommunikation mit Planern, Entwicklern und Anwendern rechnerarithmetischer Systeme. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Koren, Israel: Computer Arithmetic Algorithms. 2nd edition.<br>Parhami, Behrooz: Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs. 2nd edition.<br>Muller, Jean-Michael: Elementary Functions: Algorithms and Implementation. |

| Modul **FMI-IN0107** Intervallarithmetik | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0107 |
| Modultitel (deutsch) | Intervallarithmetik |
| Modultitel (englisch) | Foundations of Computer Arithmetic |
| Modul-Verantwortliche/r | Eberhard Zehendner |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | • FMI-IN0106 (Grundlagen der Rechnerarithmetik)<br>• Kenntnisse aus Funktionalanalysis und Numerik |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; Vertiefung RAR)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 3. Semester |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |

| | |
|---|---|
| Inhalte | Berechnungen in klassischer Gleitkomma-Arithmetik sind prinzipiell fehlerbehaftet. Direkte rechnerarithmetische Implementierungen von in reellen oder komplexen Räumen entwickelten Algorithmen können völlig falsche Ergebnisse liefern. Bewährte Fehlerschranken der Numerischen Mathematik tendieren zur Überschätzung der tatsächlichen Fehler. Abhilfe schaffen Einschlussverfahren, in denen nicht mehr mit Werten, sondern mit im Rechner einfach manipulierbaren Mengen von Werten gerechnet wird, unter denen sich mit Sicherheit das gesuchte Ergebnis befindet. Die einfachste Form solcher Einschlüsse stellen Intervalle dar, deren Grenzen Maschinenzahlen sind.<br>In der Vorlesung werden zunächst die Grundlagen der Intervallrechnung auf Digitalrechnern eingeführt. Dann wird gezeigt, wie der drohenden Aufblähung der Intervalle entgegengewirkt werden kann. Es wird die Notwendigkeit einer möglichst genauen Skalarproduktoperation zur Erzielung der gewünschten Ergebnisgenauigkeit demonstriert.<br>Mit diesen Hilfsmitteln lassen sich dann auch Algorithmen realisieren, die durch gesicherten Einschluss implizit die Existenz einer Lösung und ggf. deren lokale Eindeutigkeit beweisen können. Dies wird zur sicheren Berechnung von Funktionswerten, Nullstellen, Eigenwerten, der Lösung endlicher oder unendlicher linearer oder nichtlinearer Gleichungssysteme sowie zur Berechnung verifizierter Lösungen von Differential- oder Integralgleichungen benutzt. Theorie und Anwendungen können von den Studierenden mit Hilfe geeigneter Programmbibliotheken an ausgewählten Beispielen eigenständig praktisch erprobt werden |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden kennen die Theorie der Intervallarithmetik auf Digitalrechnern sowie wichtige Anwendungen.<br>Sie sind in der Lage, Programmsysteme zur Intervallrechnung zu benutzen, Intervallarithmetik praktisch einzusetzen und auf klassische Probleme der Numerischen Mathematik anzuwenden.<br>Sie besitzen ein Verständnis der prinzipiellen Grenzen der Numerischen Mathematik bei alleiniger Verwendung traditioneller Me-thoden der Rechnerarithmetik.<br>Sie sind zur Bewertung und Handhabung von komplexer, unvollständiger oder widersprüchlicher Information mit Hilfe intervallarithmetischer Ansätze fähig |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Jaulin, Luc; Kieffer, Michel; Didrit, Olivier; Walter, Eric: Applied Interval Analysis. With Examples in Parameter and State Estimation, Robust Control and Robotics.<br>Petkovic, Miodrag S.; Petkovic, Ljiljana D.: Complex Interval Arithmetic and Its Applications.<br>Krämer, Walter; Kulisch, Ulrich; Lohner, Rudolf: Numerical Toolbox for Verified Computing. Vol. 2 : Advanced Numerical Problems. |

| Modul **FMI-IN0119** Algorithm Engineering | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0119 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithm Engineering |
| Modultitel (englisch) | Algorithm Engineering |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Empfohlen: FMI-IN0002 (Grundlagen der Algorithmik) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Regelschule Informatik: Wahlpflichtmodul (Algorithmik)<br>- 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Algorithmik)<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020; PO-V. 2024): Wahlpflichtmodul (Algorithmik)<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Computational Informatics)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik)<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Einführung in Ingenieurmethoden zur korrekten und effizienten Implementierung von kombinatorischen und numerischen Algorithmen.<br>Einführung in die Verwendung von Werkzeugen für Profiling, Debugging, Versionskontrolle und Dokumentation. |
| Lern- und Qualifikationsziele | Befähigung zur korrekten und effizienten Implementierung von kombinatorischen und numerischen Algorithmen.<br>Befähigung zur effektiven Verwendung von Werkzeugen für Profiling, Debugging, Versionskontrolle und Dokumentation. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Werden zu Modulbeginn festgelegt<br>Üblich ist die Festlegung einer Mindestpunktzahl in den wöchentlichen Hausaufgaben |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (100%) oder mündliche Prüfung (100%) Festlegung erfolgt zu Semesterbeginn<br>Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls |
| Empfohlene Literatur | Aktuelle Literatur (Zeitschriften- und Konferenzartikel) |

| Modul **FMI-IN0125** Automatisches Differenzieren | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0125 |
| Modultitel (deutsch) | Automatisches Differenzieren |
| Modultitel (englisch) | Automatic Differentiation |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | • FMI –IN0070 (Grundlagen der Modellierung und Programmierung)<br>• FMI–MA0017 (Grundlagen der Analysis)<br>• Kenntnisse der Programmiersprache MATLAB |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; Vertiefung TI)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Motivation durch exemplarische Anwendungen aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen<br>• graphentheoretische Grundlagen des automatischen Differenzierens<br>• Vorwärts- und Rückwärtsmodus<br>• Ausnutzung von Dünnbesetztheit<br>• ausgewählte Systeme zur Programmtransformation |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden lernen die konzeptionelle Funktionalität des automatischen Differenzierens.<br>Sie kennen die Grundprinzipien des automatischen Differenzierens.<br>Ergänzende praktische Übungen qualifizieren Sie für eine Tätigkeit in der Anwendung von Werkzeugen des automatischen Differenzierens. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Zusätzliche Informationen zum Modul | in der Regel jährlich im Wintersemester |
| Empfohlene Literatur | Griewank, A.; Walther, A.: Evaluating Derivatives: Principles and Techniques of Algorithmic Differentiation, SIAM, 2008. |

| Modul **FMI-IN0126** Hochleistungsrechnen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0126 |
| Modultitel (deutsch) | Hochleistungsrechnen |
| Modultitel (englisch) | High-Performance Computing |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Beherrschung der wesentlichen Konzepte imperativer und objektorientierter Programmiersprachen sowie elementarer Programmiertechniken in diesen Sprachen. |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Parallele Rechnerarchitekturen<br>• Datenlokalität in tiefen Speicherhierarchien<br>• Prinzipien des parallelen Algorithmenentwurfs<br>• graphbasierte Methoden zur parallelen Lösung von linearen Gleichungssystemen<br>• Partitionierungsmethoden |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden kennen den genauen Aufbau moderner Parallelrechner sowie die grundlegenden Entwurfsmethoden für datenlokale serielle und parallele Algorithmen.<br>Die Studierenden sind in der Lage, graphbasierte Methoden zur Lösung linearer Systeme und zur Partitionierung einzusetzen. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | V. Kumar, A. Grama, A. Gupta, G. Karypis: Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003. |

| Modul **FMI-IN0129** Parallele Algorithmen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0129 |
| Modultitel (deutsch) | Parallele Algorithmen |
| Modultitel (englisch) | Parallel Algorithms |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-IN0001 Algorithmen und Datenstrukturen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Bioinformatisch relevante Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Prinzipien des parallelen Algorithmenentwurfs<br>• Parallele Algorithmen für ausgewählte Problemklassen wie beispielsweise Methoden zur Lösung von großen linearen Gleichungssystemen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden kennen die grundlegenden Entwurfsmethoden für parallele Algorithmen und sind in der Lage, sie für eine Problemklasse auszuwählen und einzusetzen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | V. Kumar, A. Grama, A. Gupta, G. Karypis: Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003. |

| Modul **FMI-IN0136** Parallel Computing I | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0136 |
| Modultitel (deutsch) | Parallel Computing I |
| Modultitel (englisch) | Parallel Computing I |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker, Alexander Nikolas Breuer |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse in einer höheren Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik (PO-V. 2020): Wahlpflichtmodul (Paralleles Rechnen)<br>- 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (PAR)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; TIA)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Computational Informatics)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (PAR) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>90 h<br>90 h |
| Inhalte | Grundlagen der Parallelverarbeitung zu ausgewählten Themengebieten wie beispielsweise:<br>- Parallele Rechnerarchitekturen und -organisation<br>- Parallele Hardware-Systeme<br>- Performance Engineering<br>- Parallele Programmierung<br>- Parallele Algorithmen |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | Erwerb von theoretischen Kenntnissen der ausgewählten Themen der Parallelverarbeitung sowie deren praktischer Umsetzung in realen parallelen Systemen:<br>- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, moderne Parallel¬rechner-architekturen und Hardware-Systeme zu beschreiben und deren Grundstrukturen zu bewerten.<br>- Sie erhalten die Fähigkeit, moderne Techniken des Performance Engineering zu bewerten und anzuwenden.<br>- Die Studierenden beherrschen Konzepte von paralleler Programmierung und können einfache parallele Programme entwerfen, erstellen und ausführen.<br>- Sie erwerben Kompetenzen im Bereich des Entwurfs, der Implementierung und der Analyse von parallelen Algorithmen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Voraussetzung zur Prüfungszulassung wird von der Lehrperson zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben.<br>Übliche Zulassungsvoraussetzungen sind die erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben und deren Präsentation. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Die Prüfungsform wird von der Lehrperson zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben. Möglich sind:<br>- Mündliche Prüfung (100 %) oder<br>- Schriftliche Prüfung (100 %) oder<br>- Bearbeitung von Übungsaufgaben (40 %) und Mündliche/Schriftliche Prüfung (60 %). |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | M.Sc. Computational and Data Science:<br>Wenn dieses Modul bereits im Bachelor-Studium belegt wurde, entfällt es als Pflichtmodul im M.Sc. CDS. In diesem Fall vergrößert sich der Wahlpflichtbereich um 6 LP (§ 6 Abs. 3 Studienordnung). Dafür ist eine Pflichtberatung beim Studiengangverantwortlichen nötig (§ 7 Abs. 5 Studienordnung). |
| Empfohlene Literatur | Literatur wird in der Veranstaltung empfohlen. Mögliche Quellen für weitere Informationen sind die folgenden Lehrbücher:<br>• A. Grama, G. Karypis, V.Kumar, A. Gupta. Introduction to Parallel Computing, Addison-Wesley, 2003.<br>• M. McCool, J. Reinders, A. Robinson. Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation, Morgan Kaufmann, 2012. |

| Modul **FMI-IN0137** Parallel Computing II | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0137 |
| Modultitel (deutsch) | Parallel Computing II |
| Modultitel (englisch) | Parallel Computing II |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse in einer höheren Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; TIA)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Computational Informatics) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Grundlegende Konzepte der ParallelverarbeitungProgrammierung von GrafikkartenParallele EntwurfsmusterAusgewählte parallele Algorithmen |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Fähigkeit zur heterogenen Programmierung<br>- Kenntnis von parallelen Entwurfsmustern und deren Anwendung in ausgewählten Beispielen<br>- Verständnis von Prinzipien des Entwurfs paralleler Algorithmen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur (100%)<br>Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | M.Sc. Computational and Data Science:<br>Wenn FMI-IN0171 oder FMI-IN0137 bereits im Bachelor-Studium belegt wurde, entfällt FMI-IN0136 als Pflichtmodul im M.Sc. CDS. In diesem Fall vergrößert sich der Wahlpflichtbereich um 6 LP (§ 6 Abs. 3 Studienordnung). Dafür ist eine Pflichtberatung beim Studiengangverantwortlichen nötig (§ 7 Abs. 5 Studienordnung). Das Modul kann nicht belegt werden, wenn das Modul Efficient Computing (FMI-IN0171) bereits absolviert wurde. |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Introduction to Parallel Computing. A. Grama, G. Karypis, V. Kumar. A. Gupta, Addison-Wesley, 2003.<br>• Patterns for Parallel Programming. T. G. Mattson, B. A. Sanders, B. L. Massingill, Addison-Wesley, 2013.<br>• Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation. M. McCool, J. Reinders, A. Robinson, Morgan Kaufmann, 2012. |

| Modul **FMI-IN0138** Visualisierung - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0138 |
| Modultitel (deutsch) | Visualisierung - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Vizualisation - 6 BP |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker, Kai Lawonn |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 039 M.Sc. Geowissenschaften (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Geophysik - Transdisz. WP-Bereich 2)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (SWS)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Computational Informatics)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • **Wissenschaftliche Visualisierung:** Techniken zur Visualisierung von volumetrischen und vektoriellen Simulations- und Messdaten<br>• **Informationsvisualisierung:** Techniken zur Darstellung von multi-dimensionalen und hierarchischen Daten, Graphen, Zeitreihen, kartographischen und kategorischen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Erlernen der grundlegenden Prinzipien von wissenschaftlicher Visualisierung und Informationsvisualisierung<br>• Erlernen der Vielfalt von existierenden Techniken und Systemen zur wissenschaftlichen Visualisierung und Informationsvisualisierung<br>• Entwicklung von Fähigkeiten zur kritischen Einschätzung bzw. Auswahl von unterschiedlichen Visualisierungs-techniken für eine gegebene Aufgabenstellung |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • An Introductory Guide to Scientific Visualization. R. A. Earnshaw, N. Wiseman, Springer Verlag, 1992.<br>• Information Visualization. R. Spence, ACM Press Books, 2007.<br>• Envisioning Information. Edward Tufte, Graphics Press, 1990.<br>• Now you see it: Simple Visualization Techniques for Quantitative Analysis. Stephen Few, Analytics Press, 2009 |

| Modul **FMI-IN0139** Elemente der rechen- und datengetriebenen Wissenschaften | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0139 |
| Modultitel (deutsch) | Elemente der rechen- und datengetriebenen Wissenschaften |
| Modultitel (englisch) | Elements of Computational and Data Science |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 039 M.Sc. Geowissenschaften (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Geophysik - Transdisz. WP-Bereich 2)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Vertiefung TI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Scientific Computing) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Gesamtprozess der Modellierung, Simulation, Implementierung, Analyse von naturwissenschaftlich- technischen Prozessen anhand ausgewählter Beispiele<br>• Gesamtprozess der Datenexploration anhand ausgewählter Beispiele<br>• AusgewählteWerkzeuge in Computational Science and Data Science wie beispielsweise Make, Revisionskontrolle, Reproduzierbarkeit oder Skript-Sprachen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Erlernen des Ablaufs eines Gesamtprozesses in Computational and Data Science<br>• Entwicklung der Fähigkeit, für eine gegebene Problemstellung adäquateWerkzeuge auszuwählen und anzuwenden |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences, A. B. Shiflet and G. W. Shiflet, Princeton University Press, 2007.<br>• Writing Scientific Software: A Guide to Good Style, S. Oliveira and D. Stewart, Cambridge University Press, 2006. |

| Modul **FMI-IN0140** Management of Scientific Data | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0140 |
| Modultitel (deutsch) | Management of Scientific Data |
| Modultitel (englisch) | Management of Scientific Data |
| Modul-Verantwortliche/r | Birgitta König-Ries |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 039 M.Sc. Geowissenschaften (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Geophysik - Transdisz. WP-Bereich 2)<br>- 079 LA Regelschule Informatik: Wahlpflichtmodul (Software- und Informationssysteme)<br>- 079 LA RS (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020; PO-V. 2024): Wahlpflichtmodul (Software- und Informationssysteme)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (SWS; Vertiefung KSS)<br>- 181 M.Ed. Wirtschaftspädagogik: Wahlpflichtmodul (Unterrichtsfach Informatik - Wahlpflichtbereich I)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Data Science)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |

| | |
|---|---|
| Inhalte | The course follows the data lifecycle and explores challenges, solutions and open problems of the individual steps, including:<br>• Overview of the data lifecycle: data collection, quality assurance, data storage and preservation, data analysis and visualization, data publication, data discovery, data reuse and hypothesis generation<br>• Cross-cutting topics covered include: Metadata standards and ontologies, scientific workflowmanagement, persistent identifiers for data, data provenance and versioning.<br><br>The course explores these topics both from a user's and from a developer's point of view. Students will be able to plan and perform data management along the entire data life cycle for scientific projects of different sizes, but will also learn about developing appropriate systems. The module can be taught in English or German |
| Lern- und Qualifikationsziele | • The students know the stages of the data life cycle.<br>• They have gained experience with typical tools supporting the individual steps.<br>• They are able to plan and perform data management for scientific projects of different sizes. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |
| Empfohlene Literatur | Current conference and journal publications |
| Unterrichtssprache | The module can be taught in English or German |

| Modul **FMI-IN0141** Big Data | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0141 |
| Modultitel (deutsch) | Big Data |
| Modultitel (englisch) | Big Data |
| Modul-Verantwortliche/r | Prof. Dr. Martin Bücker |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (PAR; Vertiefung TI)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Data Science)<br>- 277 M.Sc. Wirtschaftsinformatik: Wahlpflichtmodul (SP Block B: Praktische Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>90 h<br>90 h |
| Inhalte | Gegenstand des Moduls sind Themen zu unterschiedlichen Bereichen der Verarbeitung von großen Datenmengen wie<br>- Verteiltes und paralleles Rechnen auf massiven Datenmengen<br>- Programmierumgebungen und -paradigmen für massive Datenmengen wie beispielsweise Hadoop, MapReduce oder Spark<br>- Entwurf und Analyse von verteilten und parallelen Algorithmen sowie deren Implementierung in konkreten Big-Data-Frameworks wie MapReduce oder Spark<br>- Programmierprojekt zu Data Science Pipelines<br>- Cloud Computing |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden sind in der Lage, Problemstellungen mit großen Datenmengen zu identifizieren, verteilte und parallele Algorithmen zu entwerfen, deren Kommunikationskosten abzuschätzen und eigene Lösungsansätze in einem Programmierprojekt unter Verwendung eines konkreten Big-Data-Frameworks zu implementieren und zu präsentieren. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen eines Programmierprojekts) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)<br>Festlegung zu Beginn des Moduls |
| Empfohlene Literatur | - Mining of Massive Datasets, Anand Rajaraman and Jeffrey D. Ullman, Cambridge University Press<br>- Introduction to Parallel Processing of Massive Datasets, Martin Bücker, Skript zur Vorlesung |

| Modul **FMI-IN0142** Seminar Computational and Data Science | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0142 |
| Modultitel (deutsch) | Seminar Computational and Data Science |
| Modultitel (englisch) | Seminar Computational and Data Science |
| Modul-Verantwortliche/r | Martin Bücker, Gerhard Zumbusch und weitere beteiligte Dozenten |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Seminar) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes Semester |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2 SWS Seminar |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Weiterführende Themen aus dem Bereich Computational and Data Science mit wechselnder, aktueller Themenauswahl |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Vertiefte, selbstständige Erarbeitung einer Problemstellung<br>• Beherrschung wissenschaftlicher Literaturrecherche<br>• Schriftliche Präsentation eines wissenschaftlichen Gegenstandes<br>• Kompetenz in öffentlichen Vorträgen<br>• Erfahren aktueller Probleme in der Forschung |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | regelmäßige, aktive Teilnahme an den Veranstaltungen |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Vortrag, einschließlich schriftliche Ausarbeitung; regelmäßige Teilnahme an den Veranstaltungen |
| Empfohlene Literatur | Wird vom Dozenten bekanntgegeben |

| Modul **FMI-IN0143** Visualisierung - 3 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0143 |
| Modultitel (deutsch) | Visualisierung - 3 LP |
| Modultitel (englisch) | Vizualisation - 3 BP |
| Modul-Verantwortliche/r | N.N. |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Computational Informatics) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Techniken zur Visualisierung von |
| Lern- und Qualifikationsziele | Erlernen der grundlegenden Prinzipien der |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Das Modul kann je nach Angebot im Wechsel mit dem Modul FMI-IN0138 Visualisierung 5 LP belegt werden. |
| Empfohlene Literatur | Wird vom Dozenten bekannt gegeben |

| Modul **FMI-IN0147** Informationstheorie | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0147 |
| Modultitel (deutsch) | Informationstheorie |
| Modultitel (englisch) | Information Theory |
| Modul-Verantwortliche/r | N.N. |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Wahrscheinlichkeitsrechnung und Stochastische Prozesse |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA; Vertiefung ALG)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Die Vorlesung ist eine Einführung in die klassische Informationstheorie. Es werden die Themen<br>• Quellenkodierung<br>• Kanalkodierung<br>• und Ratenverzerrung<br>behandelt. Es werden Schranken für Datenkompression und die Datenübertragung hergeleitet. Stichworte: Diskrete Informationsquellen, Entropie, Redundanz, Markoff-Prozesse, Diskrete Übertragungskanäle, Kanalkapazität, Quellencodierung, Huffman-Code, Kanalcodierung, Hamming-Distanz, Blockcodierung. |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Verständnis des Informationsbegriffs<br>• Kenntnis der Modelle und Methoden der Informationstheorie<br>• Verständnis praktisch relevanter Quellen- und Kanalcodierungsverfahren. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, genaue Festlegungen erfolgen zu Vorlesungsbeginn |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Ahlswede, Alexander; Althöfer, Ingo; Deppe, Christian; Tamm, Ulrich (Eds.) Storing and Transmitting Data Rudolf Ahlswede's Lectures on Information Theory 1, Springer-Verlag, Foundations in Signal Processing, Communications and Networking, Vol. 10; 1st Edition, 2014.<br>Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, Elements of Information Theory, New York, Wiley, 1991. |

| Modul **FMI-IN0150** Graphische Modelle - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0150 |
| Modultitel (deutsch) | Graphische Modelle - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Graphical Models |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA; Vertiefung ALG)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Diskrete, kontinuierliche und gemischte GMs<br>• Hammersley-Clifford Theorem<br>• IPS Algorithmus<br>• Maximum Entropie Prinzip<br>• Exponentielle Familie von Verteilungen<br>• Strukturlernen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Verständnis der den graphischen Modellen zugrundeliegenden Theorie<br>Befähigung zur Modellierung von Datenanalyseproblemen in der Sprache von graphischen Modellen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung und Übung |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung;<br>Festlegung erfolgt zu Beginn des Moduls |
| Empfohlene Literatur | 1. Lauritzen: Graphical Models, Oxford University Press<br>2. Wainwright, Jordan: Graphical Models, exponential families, and variational inference, Now Publisher |

| Modul **FMI-IN0151** Graphische Modelle (Lab) | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0151 |
| Modultitel (deutsch) | Graphische Modelle (Lab) |
| Modultitel (englisch) | Graphical Models (Lab) |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (TIA; Vertiefung ALG)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Algorithmik (Theoretische Informatik))<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>60 h<br>30 h |
| Inhalte | Es sollen drei Datensätze mit Hilfe von graphischen Modellen exploriert werden:<br>(1) ein Datensatz mit nur diskreten (endlichen) Variablen,<br>(2) ein Datensatz mit nur kontinuierlichen Variablen, und<br>(3) ein Datensatz mit sowohl diskreten als auch kontinuierlichen Variablen.<br>Dabei sollen zunächst sowohl die Struktur als auch die Parameter der Modelle geschätzt werden. Anschließend sollen die gelernten Modelle exploriert und die dabei gewonnenen Erkenntnisse protokolliert werden. |
| Lern- und Qualifikationsziele | Verständnis für die Modellierung von multivariaten Datensätzen mit Graphischen Modellen und die explorative Analyse der Modelle.<br>Befähigung zur Modellierung von Daten aus verschiedenen Anwendungsbereichen in der Sprache von graphischen Modellen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Jeweils ein Laborbericht zu<br>(1) diskretem Datensatz,<br>(2) kontinuierlichem Datensatz und<br>(3) gemischten Datensatz |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Erfolgreiche Abnahme der drei Laborberichte und deren mündliche Verteidigung |

| | |
|---|---|
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Die Teilnahme an einem der Module Graphische Modelle (FMI-IN0135 oder FMI-IN0150) wird dringend empfohlen. |
| Empfohlene Literatur | Lauritzen: Graphical Models, Oxford University Press<br>Wainwright, Jordan: Graphical Models, exponential families, and variational inference, Now Publisher |

| Modul **FMI-IN0156** Einführung in tiefe Lernverfahren | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0156 |
| Modultitel (deutsch) | Einführung in tiefe Lernverfahren |
| Modultitel (englisch) | Introductory Course on Deep Learning |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Denzler |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Empfohlen: Grundkenntnisse aus den Bereichen maschinelles Lernen und/oder Bildverarbeitung |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Allgemeiner Überblick uber maschinelles Lernen und tiefe Lernverfahren<br>• Beispielanwendungen<br>• Hinweise fur die Praxis<br>• Methodenvorstellung<br>• Diskussion verfügbarer Frameworks<br>• erste praktische Arbeiten mit tiefen Lernverfahren |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Die Teilnehmer erhalten einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen tiefer Lernverfahren und kennen zentrale Methoden und lernen sie anzuwenden<br>• Die Teilnehmer erlangen Grundkenntnisse der zugrundeliegenden mathematischen Konzepte<br>• Die Teilnehmer lernen anhand praktischer Arbeit den Umgang mit verfügbaren Software-Frameworks |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung; die Festlegung der Prüfungsform erfolgt zu Veranstaltungsbeginn |
| Empfohlene Literatur | http://www.deeplearningbook.org |
| Unterrichtssprache | Deutsch |

| Modul **FMI-IN0157** Statistische Lerntheorie (Lab) | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0157 |
| Modultitel (deutsch) | Statistische Lerntheorie (Lab) |
| Modultitel (englisch) | Statistical Learning Theory (Lab) |
| Modul-Verantwortliche/r | Joachim Giesen |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Die Teilnahme am Modul FMI-IN0096 Algorithmische Grundlagen des Maschinellen Lernens wird dringend empfohlen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Algorithmik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (TIA) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Es sollen verschiedene Datensätze mit Methoden aus der statistischen Lerntheorie (Klassifikation, Regression, Kontingenzanalyse und Skalierung) analysiert werden. |
| Lern- und Qualifikationsziele | Nach Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage, den Bias-Varianz-Tradeoff zu verstehen. Sie haben verschiedene Regularisierungstechniken aus der statistischen Lerntheorie kennengelernt und können diese anwenden. Außerdem verstehen sie den Unterschied zwischen Trainings- und Testfehler und seine praktischen Konsequenzen. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Laborberichte zur Analyse der verschiedenen Datensätze. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Erfolgreiche Abnahme der drei Laborberichte und deren mündliche Verteidigung |
| Empfohlene Literatur | Joachim Giesen: Statistical Learning Theory. Vorlesungsskript<br>Hastie, Trevor, Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome H.: Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction. |

| Modul **FMI-IN2000** Datenbanken und Informationssysteme | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN2000 |
| Modultitel (deutsch) | Datenbanken und Informationssysteme |
| Modultitel (englisch) | Database and Information Systems |
| Modul-Verantwortliche/r | Matthias Hagen |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Software- und Informationssysteme)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Data Science) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | In der Vorlesung werden Kenntnisse zum sicheren Umgang mit Techniken zur Modellierung von Datenbankanwendungen, zum Verständnis der theoretischen Grundlagen von relationalen Datenbanksystemen, einschließlich der hieraus resultierenden Grenzen, und zum Erwerb praktischer Fähigkeiten beim Einsatz von relationalen Datenbanksystemen vermittelt. Typische Schwerpunkte sind dabei:<br>- Konzeptueller Datenbankentwurf (Entity-Relationship-Modell)<br>- Logischer Datenbankentwurf mit dem relationalen Modell<br>- Grundlagen relationaler Anfragesprachen<br>- SQL<br>- Entwurfstheorie relationaler Datenbanken (Normalformen) In der Übung werden die Inhalte durch theoretische und praktische Aufgaben vertieft. |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | Studierende sollen durch dieses Modul folgende Kompetenzen erwerben:<br>- Sie kennen Grundbegriffe von Datenbanken und können diese einordnen.<br>- Sie kennen Techniken zur Modellierung von Datenbankanwendungen und können damit sicher umgehen.<br>- Sie beherrschen die Umsetzung externer Schemata in relationale Schemata.<br>- Sie beherrschen die Logik-basierten Grundlagen von Anfragesprachen.<br>- Sie vertiefen die Erfahrungen im Umgang mit formalen Methoden.<br>- Sie können Datenanfrage und Datenmanipulation auf der Basis von SQL praktisch anwenden.<br>- Sie beherrschen die theoretischen Grundlagen von Datenbanksystemen.<br>- Sie haben ein Verständnis für die Grenzen von Datenbanksystemen. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung (100%)<br>Die genaue Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben. |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | LAG Informatik: Das Modul könnte in die Berechnung der Endnote eingehen, denn die zwei der drei Wahlvertiefungsfächer mit der besten Note gehen in die Berechnung der Endnote ein.<br>Die Module<br>- FMI-IN0008 Datenbanksysteme I (u.a. B.Sc. Informatik)<br>- FMI-IN1002 Datenbanken und Informationssysteme (LAR Informatik, B.A. EF Informatik)<br>- FMI-IN2000 Datenbanken und Informationssysteme (u.a. LAG Informatik)<br>basieren auf der gleichen Lehrveranstaltung. |

| Modul **FMI-MA0007** Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0007 |
| Modultitel (deutsch) | Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie |
| Modultitel (englisch) | Introduction to Probability Theory |
| Modul-Verantwortliche/r | Michael Neumann |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Grundkenntnisse Analysis und Lineare Algebra |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 105 LA Regelschule Mathematik (RS300): Pflichtmodul<br>- 105 LA RS (Erweiterung) Mathematik (RS300): Pflichtmodul<br>- 181 M.Ed. Wirtschaftspädagogik: Pflichtmodul (Unterrichtsfach Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Konto B) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Zufallsexperimente, Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsgrößen<br>- Verteilungsfunktionen, Verteilungsdichten, Binominalverteilung, Poissonverteilung, Geometrische Verteilung, Gleichverteilung, Normalverteilung, Exponentialverteilung<br>- Unabhängigkeit von Zufallsgrößen, Momente<br>- Schwaches Gesetz der großen Zahlen<br>- Zentraler Grenzwertsatz<br>- Markowketten<br>- Durchführung von Zufallsexperimenten mittels Software |
| Lern- und Qualifikationsziele | Sicherer Umgang mit den Grundbegriffen der Stochastik als Grundlage für Anwendungen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (100%) oder mündliche Prüfung (100%)<br>Wird zu Beginn des Moduls festgelegt. |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Nach Empfehlung der Lehrenden |

| Modul **FMI-MA0017** Grundlagen der Analysis | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0017 |
| Modultitel (deutsch) | Grundlagen der Analysis |
| Modultitel (englisch) | Basic Calculus |
| Modul-Verantwortliche/r | Dorothee D. Haroske, Christian Richter |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BAN: Betriebswirtschaftliche und mathematische Grundlagen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Konto B) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>120 h<br>60 h |
| Inhalte | • Konvergenz von Folgen und Reihen<br>• Funktionen einer Variablen: Grenzwerte, Stetigkeit, Ableitung, Taylorentwicklung, Extremwerte, Integralrechnung<br>• Potenzreihen, elementare Funktionen<br>• Funktionen mehrerer Variabler: partielle Ableitung, Extremwerte<br>• Beispiele linearer und nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen<br>• Fourier-Reihen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Kennenlernen von Grundbegriffen der Analysis<br>• Einführung in die analytische Denkweise<br>• Erlernen praktischer Fähigkeiten im Umgang mit dem Kalkül |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (120 Min.)<br>Besonderheit: Anstelle der geforderten Klausur am Ende des Semesters können vorlesungsbegleitende Prüfungen in Form schriftlicher Kurzklausuren abgelegt werden. Diese Kurzklausuren können nicht wiederholt werden. |

| Modul **FMI-MA0022** Lineare Algebra | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0022 |
| Modultitel (deutsch) | Lineare Algebra |
| Modultitel (englisch) | Linear Algebra |
| Modul-Verantwortliche/r | Simon King |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BAN: Betriebswirtschaftliche und mathematische Grundlagen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 B.Sc. Bioinformatik: Pflichtmodul (Konto B)<br>- 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Pflichtmodul (Konto B) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Lineare Gleichungssysteme, Matrizen und Determinanten<br>- Vektorräume, Basis, Dimension<br>- Lineare Abbildungen, Eigenwerte, Diagonalisierbarkeit, euklidische Geometrie |
| Lern- und Qualifikationsziele | Aneignung algebraischer und geometrischer Methoden mit elementaren Anwendungen in der (Bio-)Informatik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | aktive Teilnahme an den Übungen; die Kriterien werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (120 Min.) oder mdl. Prüfung zur Vorlesung (100 %), je nach Teilnehmerzahl |
| Empfohlene Literatur | nach Empfehlung der Dozenten |

| Modul **FMI-MA0028** Numerische Mathematik - 3 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0028 |
| Modultitel (deutsch) | Numerische Mathematik - 3 LP |
| Modultitel (englisch) | Numerical Mathematics - 3 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | FMI-MA0022 (Lineare Algebra)<br>FMI-MA0017 (Grundlagen der Analysis) |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Beherrschung einer Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 1 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Zahlendarstellung im Rechner, Computerarithmetik und Rundungsfehler, Interpolation, lineare Gleichungssysteme, eindimensionale nichtlineare Gleichungen |
| Lern- und Qualifikationsziele | · Einführung in die grundlegenden Konzepte der Numerischen Mathematik<br>· Numerische Grundverfahren aus der Linearen Algebra und Analysis<br>· Implementierung der Verfahren<br>· Benutzung numerischer Software |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Erreichen von 50% der möglichen Punkte in den Übungsserien |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (120 min.) |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Das Modul wird seit SS 2016 nicht mehr angeboten. |

| Modul **FMI-MA0101** Algebra 1 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0101 |
| Modultitel (deutsch) | Algebra 1 |
| Modultitel (englisch) | Algebra 1 |
| Modul-Verantwortliche/r | David J. Green, Hendrik Süß, Oksana Yakimova |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse im Umfang des Moduls FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Algebra)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Algebraische Strukturen (Gruppen, Ringe, Körper, Moduln),<br>• Galoistheorie und geometrische Konstruktionen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden sollen die grundlegenden Begriffe und Konzepte der Algebra verstehen und Kompetenzen im Umgang mit ihnen erwerben. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | aktive Mitarbeit in den Übungen |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche oder schriftliche Prüfung (100%)<br>Die Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | |
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten<br>• Jörg Bewersdorff: Algebra für Einsteiger. Vieweg, Wiesbaden 2007.<br>• Falko Lorenz: Einführung in die Algebra. 3. Aufl., Spektrum Akad. Verl., Heidelberg 1999. |

| Modul **FMI-MA0104** Codierungstheorie- 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0104 |
| Modultitel (deutsch) | Codierungstheorie- 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Coding Theory with Exercises - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | David J. Green |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0101 Algebra 1 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Algebra)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Algebraische Grundlagen, Hamming-Abstand und Gewichtsverteilung<br>• Schranken für die Güte von Codes, Hamming- und Golay-Codes, zyklische Codes, BCH- und QR-Codes, Reed-Muller und Reed-Solomon-Codes<br>• die Mathematik der CD, Decodierungsalgorithmen, Anwendungen algebraisch-geometrischer Methoden |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Erlernen von modernen Methoden der Theorie der Codierungstheorie und deren Anwendungen<br>• Die Fähigkeit, die bisher gelernten algebraischen Methoden in einem interdisziplinären Kontext (Datenübertragung) anwenden zu können |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | - Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten<br>- Wolfgang Willems: Codierungstheorie. de Gruyter, Berlin 1999. |

| Modul **FMI-MA0144** Codierungstheorie | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0144 |
| Modultitel (deutsch) | Codierungstheorie |
| Modultitel (englisch) | Coding Theory |
| Modul-Verantwortliche/r | David J. Green |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0101 Algebra 1 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 LA Regelschule Mathematik: Wahlpflichtmodul (Algebra/ Zahlentheorie)<br>- 105 LA Gymnasium Mathematik: Wahlpflichtmodul (Algebra/ Zahlentheorie; Diskrete Mathematik/Informatik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Algebra)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik)<br>- 181 M.Ed. Wirtschaftspädagogik: Wahlpflichtmodul (Unterrichtsfach Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Algebraische Grundlagen, Hamming-Abstand und Gewichtsverteilung<br>- Schranken für die Güte von Codes, Hamming- und Golay-Codes, zyklische Codes, BCH- und QR-Codes, Reed-Mullerund Reed-Solomon-Codes<br>- die Mathematik der CD, Decodierungsalgorithmen, Anwendungen algebraisch-geometrischer Methoden |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Erlernen von modernen Methoden der Theorie der Codierungstheorie und deren Anwendungen<br>- Die Fähigkeit, die bisher gelernten algebraischen Methoden in einem interdisziplinären Kontext (Datenübertragung) anwenden zu können |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung (100%) |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus): Unregelmäßig im WS oder SS, alle 2 Jahre<br>siehe auch: FMI-MA0104 Codierungstheorie – 9 LP (MB; MM2010; WMM2010; CDS; IM2016) |
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung der Lehrperson<br>• Wolfgang Willems: Codierungstheorie. de Gruyter, Berlin 1999 |

| Modul **FMI-MA0202** Analysis 2 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0202 |
| Modultitel (deutsch) | Analysis 2 |
| Modultitel (englisch) | Analysis II |
| Modul-Verantwortliche/r | David Hasler, Daniel Lenz, Tobias Oertel-Jäger |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0201 Analysis 1 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Pflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung<br>2 SWS Tutorium |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>120 h<br>150 h |
| Inhalte | • Topologische Grundbegriffe<br>• Differentiation im Mehrdimensionalen: partielle Ableitungen, differenzierbare Abbildungen, Extrema, Auflösungsätze, Diffeomorphismen<br>• Integration im Mehrdimensionalen, n-dim. Riemannintegral,Berechnung durch Iteration und Transformation,<br>• Kurvenintegrale |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Das Modul umfaßt die Grundlagen der Analysis und ist daher für das Mathematikstudium insgesamt von großer Bedeutung.<br>• Vertrautmachen mit den grundlegenden Begriffsbildungen der Analysis<br>• Erlernen der typischen Beweismethoden<br>• Entwicklung der analytischen Denkweise<br>• Aneignung solider praktischer Fertigkeiten im Umgang mit dem Kalkül |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben) |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche oder schriftliche Prüfung (100%)<br>wird zu Veranstaltungsbeginn festgelegt |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten<br>• O. Förster: Analysis 1+2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden<br>• H. Heuser: Lehrbuch der Analysis, Teile 1+2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden |

| Modul **FMI-MA0203** Analysis 3 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0203 |
| Modultitel (deutsch) | Analysis 3 |
| Modultitel (englisch) | Analysis 3 |
| Modul-Verantwortliche/r | David Hasler, Daniel Lenz, Tobias Oertel-Jäger |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0244 Gewöhnliche Differentialgleichungen, FMI-MA0202 Analysis 2 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Oberflächenintegrale, Integralsätze, Vektoranalysis - Potentialtheorie, Laplace-Poisson-Gleichung, Dirichlet-und Neumannproblem<br>• Cauchyprobleme: Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung, explizite Lösungsformeln<br>• Elemente der Fourieranalysis<br>• Separationsansätze |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie partieller Differentialgleichungen<br>• Festigung und Erweiterung der in den Modulen Analysis 1 und 2 erlernten analytischen Grundlagen, Darstellung von Anwendungen aus Physik und Technik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben) |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche oder schriftliche Prüfung (100%)<br>wird zu Veranstaltungsbeginn festgelegt |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten<br>• T. Bröcker: Analysis III, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1992<br>• H. Fischer u. H. Kaul: Mathematik für Physiker 2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden<br>• O. Förster: Analysis 3, Vieweg+Teubner, Wiesbaden<br>• H. Heuser: Lehrbuch der Analysis, Teil 2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden |

| Modul **FMI-MA0204** Approximationstheorie 1 - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0204 |
| Modultitel (deutsch) | Approximationstheorie 1 - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Approximation Theory 1 |
| Modul-Verantwortliche/r | Dorothee Haroske, Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis; Vertiefung: Numerische Mathematik +Wiss. Rechnen)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Approximationssätze von Weierstraß<br>• Approximation in Hilberträumen und in C( [a,b] )<br>• Algebraische und trigonometrische Polynome, Splines<br>• Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ<br>• Quantitative Fragen der Approximierbarkeit (Approximationszahlen, Kolmogorovzahlen) |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Approximationstheorie<br>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln<br>• Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Philip J. Davis: Interpolation and approximation. Dover Publ., New York, 1975.<br>• Ronald A. DeVore, George G. Lorentz: Constructive approximation. Springer, Berlin, 1993.<br>• Manfred W. Müller: Approximationstheorie. Akad. Verl.-Gesel., Wiesbaden 1978.<br>• Allan Pinkus: n-widths in approximation theory. Springer, Berlin u.a., 1985.<br>• Arnold Schönhage: Approximatinostheorie. de Gruyter, Berlin u.a. 1971. |

| Modul **FMI-MA0207** Höhere Analysis 1 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0207 |
| Modultitel (deutsch) | Höhere Analysis 1 |
| Modultitel (englisch) | Higher Analysis I |
| Modul-Verantwortliche/r | David Hasler, Dorothee Haroske, Daniel Lenz, Tobias Oertel-Jäger |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **B.Sc. Mathematik:** FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br>**M.Sc. Wirtschaftsmathematik:** keine<br>**B.Sc. Physik** : keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse in Maß- und Integrationstheorie |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis)<br>- 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Normierte Räume<br>• Funktionale und Operatoren<br>• Der Satz von Hahn-Banach<br>• Die Hauptsätze für Operatoren auf Banachräumen<br>• Operatoren in Hilberträumen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Die Studierenden gewinnen aufbauend auf Grundkenntnissen der Analysis und der Linearen Algebra Einsicht und Intuition in die funktionalanalytische Denkweise. Die Grundprinzipien der Funktionalanalysis werden sicher beherrscht.<br>• Es wird Basiswissen für weiterführende Studien in der Analysis, der Numerischen Mathematik und des wiss. Rechnens, der Optimierung und der Stochastik erworben. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |
| Empfohlene Literatur | • Dirk Werner: Funktionalanalysis. 5. erw. Aufl., Springer, Berlin 2005.<br>• Dirk Werner: Einführung in die höhere Analysis. Springer, Berlin 2006.<br>• Hans Triebel: Higher Analysis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1992.<br>• Friedrich Hirzebruch, Winfried Scharlau: Einführung in die Funktionsanalysis. Bibliogr. Inst., Mannheim 1971.<br>• Jürgen Appell, Martin Väth: Elemente der Funktionalanalysis. Vieweg, Wiesbaden 2005. |

| Modul **FMI-MA0208** Approximationstheorie 1 - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0208 |
| Modultitel (deutsch) | Approximationstheorie 1 - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Approximation Theory 1 - 6 LP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dorothee Haroske, Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | B. Sc. Mathematik: FMI-MA0201 Analysis 1 + FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br>M.Sc. Mathematik: keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis; Vertiefung: Numerische Mathematik +Wiss. Rechnen)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Approximationssätze von Weierstraß<br>- Approximation in Hilberträumen und in C( [a,b] )<br>- Algebraische und trigonometrische Polynome, Splines<br>- Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ<br>- Quantitative Fragen der Approximierbarkeit (Approximationszahlen, Kolmogorovzahlen) |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Einführung in die Approximationstheorie<br>- Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln<br>- Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus): Unregelmäßig im WS oder SS, jedoch einmal innerhalb von 3 Jahren |
| Empfohlene Literatur | - Philip J. Davis: Interpolation and approximation. Dover Publ., New York, 1975.<br>- Ronald A. DeVore, George G. Lorentz: Constructive approximation. Springer, Berlin, 1993.<br>- Manfred W. Müller: Approximationstheorie. Akad. Verl.-Gesel., Wiesbaden 1978.<br>- Allan Pinkus: n-widths in approximation theory. Springer, Berlin u.a., 1985.<br>- Arnold Schönhage: Approximatinostheorie. de Gruyter, Berlin u.a. 1971. |

| Modul **FMI-MA0244** Gewöhnliche Differentialgleichungen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0244 |
| Modultitel (deutsch) | Gewöhnliche Differentialgleichungen |
| Modultitel (englisch) | Ordinary Differential Equations |
| Modul-Verantwortliche/r | David Hasler, Daniel Lenz |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **LG Mathematik:** FMI-MA3009 Analysis 1+Analysis 2 FMI-MA3010), Lineare Algebra und analytische Geometrie 1 FMI-MA3023<br>**Weitere Studiengänge:** keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | **BSc Mathematik und Wirtschaftsmathematik:** FMI-MA0201 Analysis 1, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br>**BSc Informatik:** FMI-MA0017 Grundlagen der Analysis, FMI-MA0022 Lineare Algebra |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 105 LA Gymnasium Mathematik: Wahlpflichtmodul (Analysis)<br>- 105 B.A. Mathematik: Wahlpflichtmodul<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis)<br>- 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich)<br>- 181 M.Ed. Wirtschaftspädagogik: Wahlpflichtmodul (Unterrichtsfach Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Mathematik)<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Integrierbare Typen 1. und 2. Ordnung<br>- Lineare Systeme mit konstanten Koeffizienten 1. Ordnung<br>- Lineare Differentialgleichungen n-ter Ordnung mit konstanten Koeffizienten<br>- Existenz- und Unitätssätze für Anfangswertprobleme |

| | |
|---|---|
| Lern- und Qualifikationsziele | - Die Studierenden können Differentialgleichungen als einen wichtigen Bereich der Analysis auffassen<br>- Sie erkennen einige wichtige Klassen von Differentialgleichungen, die für Anwendungen (z.B. in der Physik), relevant sind und lernen Lösungsmethoden kennen.<br>- Sie sind imstande, diese Techniken auf Problemstellungen anzuwenden. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Nach Festlegung durch den Dozenten zu Vorlesungsbeginn |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Schriftliche Prüfung (120-180 Minuten) oder mündliche Prüfung<br>Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | LAG Mathematik: Das Modul könnte in die Berechnung der Endnote aufgenommen werden.<br>Ehemalige Modulverwendung:<br>82/105/2008 B.Sc. Mathematik (PO 2008): Pflichtmodul |
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten |

| Modul **FMI-MA0288** Wavelets - 3 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0288 |
| Modultitel (deutsch) | Wavelets - 3 LP |
| Modultitel (englisch) | Wavelets |
| Modul-Verantwortliche/r | Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse in Maß- und Integrationstheorie |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Angewandte Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Eigenschaften der Fouriertransformation<br>• Auflösungsskalen und Wavelets<br>• Wavelets mit kompaktem Träger<br>• Zerlegungs- und Rekonstruktionsalgorithmen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie der Wavelets im Hinblick auf die numerische Behandlung von partiellen Differentialgleichungen und Anwendungen in der Signaltheorie<br>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln<br>• Erwerb berufsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | einmal innerhalb von 3 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Przemyslaw Wojtaszczyk: A mathematical introduction to wavelets. Cambridge Univ. Press, Cambridge 1997. |

| Modul **FMI-MA0302** Lineare Algebra 2 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0302 |
| Modultitel (deutsch) | Lineare Algebra 2 |
| Modultitel (englisch) | Linear Algebra 2 |
| Modul-Verantwortliche/r | Vladimir Matveev, Hendrik Süß |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse im Umfang einer Vorlesung Lineare Algebra 1 werden vorausgesetzt |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul<br>- 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Pflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung<br>2 SWS Tutorium |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>120 h<br>150 h |
| Inhalte | • Bilineaerformen, Quadriken<br>• Algebraische Strukturen (Gruppen und Ringe)<br>• Normalformen von Matrizen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Das Modul umfasst die Grundlagen der Linearen Algebra und Analytischen Geometrie und ist daher für das Mathematikstudium insgesamt von großer Bedeutung.<br>• Kennenlernen der grundlegenden algebraischen und geometrischen Begriffsbildungen<br>• Entwicklung des Denkens in abstrakten Strukturen und Vertiefung der geometrischen Anschauung<br>• Bekanntmachen mit dem axiomatisch deduktiven Aufbau mathematischer Theorien<br>• Aneignung solider praktischer Fertigkeiten im Umgang mit dem Kalkül |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | aktive Teilnahme an den Übungen; die Kriterien werden zu Beginnder Veranstaltung bekannt gegeben |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (100%) |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung der Lehrenden<br>• Bertram Huppert, Wolfgang Willems: Lineare Algebra. Teubner Wiesbaden 2006. |

| Modul **FMI-MA0406** Klassische Differentialgeometrie - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0406 |
| Modultitel (deutsch) | Klassische Differentialgeometrie - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Classical Differential Geometry - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Vladimir Matveev |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **BSc Mathematik:** FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br>**BSc Physik:** keine<br>**MSc Wima:** keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2<br>**B.Sc. Physik** : FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Lineare Algebra und Analytische Geometrie |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Geometrie)<br>- 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum<br>• Lokale Theorie von Flächen in R^3<br>• Theorema Egregium von Gauss<br>• Geodätische, Satz von Hopf-Rinow<br>• Minimalflächen<br>• Globale Theorie von Flächen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen<br>• Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | ggfs. Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben) |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| Zusätzliche Informationen zum Modul | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten<br>• Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999. |

| Modul **FMI-MA0446** Klassische Differentialgeometrie - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0446 |
| Modultitel (deutsch) | Klassische Differentialgeometrie - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Classical differential geometry |
| Modul-Verantwortliche/r | Vladimir Matveev |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **BSc Mathematik:** FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br>**BSc Physik:** FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Algebra/Geometrie 1<br>**MSc Wima:** keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Geometrie)<br>- 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum<br>• Lokale Theorie von a Flächen in R^3<br>• Theorema Egregium von Gauss<br>• Geodötische, Satz von Hopf-Rinow<br>• Minimalflächen<br>• Globale Theorie von Flächen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen<br>• Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | aktive Mitarbeit in den Übungen |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten<br>• Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999. |

| Modul **FMI-MA0500** Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0500 |
| Modultitel (deutsch) | Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen |
| Modultitel (englisch) | Introduction to Numerical Analysis and Scientific Computing |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **BSc Mathematik/Wima:** FMI-MA0201 Analysis 1, FMI-MA0301 Algebra/ Geometrie 1<br>**MSc Comp. and Data Science:** nach Rücksprache mit dem Dozenten |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0202 Analysis 2, Kenntnis einer Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Pflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Grundbegriffe, Kondition, Stabilität, Rundungsfehler<br>• Lineare Gleichungssysteme<br>• Nichtlineare Gleichungssysteme<br>• Interpolation, Approximation, Ausgleichsrechnung<br>• Numerische Integration |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Numerische Mathematik<br>• Beherrschung der Grundverfahren aus der linearen Algebra und Analysis<br>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen<br>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Festlegung zu Beginn des Moduls |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | schriftliche Prüfung (120 – 180 Minuten) oder mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Wird zu Modulbeginn bekannt gegeben |

| Modul **FMI-MA0520** Numerik von Randwertproblemen - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0520 |
| Modultitel (deutsch) | Numerik von Randwertproblemen - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Numerical Methods of Boundary Value Problems - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse der Analysis und der Linearen Algebra<br>Modul FMI-MA0500 "Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen"<br>Kenntnisse einer höheren Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Numerische Mathematik+Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Klassifikation partieller Differentialgleichung<br>• Finite Differenzen mit Konvergenz<br>• Lösung für Lineare Gleichungssysteme<br>• Variationsformulierung, schwache Lösungen<br>• Finite Elemente mit Konvergenz |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Beherrschen der Konzepte der Finiten Differenzen und Finite Elemente Diskretisierung für elliptische Probleme<br>• Kenntnis von Fehlerabschätzung<br>• Fähigkeit zur Implementierung der numerischen Algorithmen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus):<br>Modul FMI-MA0520 oder FMI-MA0521 im SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | • M. Jung u. U. Langer: Methode der finiten Elemente für Ingenieure, Teubner, Stuttgart, 2001<br>• S. Larsson, V. Thomeé: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, Berlin, 2005 |

| Modul **FMI-MA0521** Numerik von Randwertproblemen - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0521 |
| Modultitel (deutsch) | Numerik von Randwertproblemen - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Numerical Methods of Boundary Value Problems - 6 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse der Analysis und der Linearen Algebra<br>FMI-MA0500 "Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen"<br>Kenntnisse einer höheren Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Numerische Mathematik+Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | alle 2 Jahre (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Klassifikation partieller Differentialgleichung<br>• Finite Differenzen<br>• Lösung für Lineare Gleichungssysteme<br>• Variationsformulierung, schwache Lösungen<br>• Finite Elemente |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Verstehen der Konzepte der Finiten Differenzen und Finite Elemente Diskretisierung für elliptische Probleme<br>• Lösung der linearen Gleichungssysteme<br>• Implementierung und Anwendung der numerischen Algorithmen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Festlegung zu Beginn des Moduls |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus):<br>Modul FMI-MA0520 oder FMI-MA0521 im SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |
| Empfohlene Literatur | • M. Jung u. U. Langer: Methode der finiten Elemente für Ingenieure, Teubner, Stuttgart, 2001<br>• S. Larsson, V. Thomeé: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, Berlin, 2005 |

| Modul **FMI-MA0550** Monte-Carlo Methoden - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0550 |
| Modultitel (deutsch) | Monte-Carlo Methoden - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Monte-Carlo Methods - 9 BP |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | • Analysis 2 und 3 (FMI-MA0202 und FMI-MA0203)<br>• Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen (FMI-MA0550)<br>• Kenntnisse aus der Stochastik |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen; Vertiefung Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Stochastik; Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Direkte Simulation<br>• Zufallszahlen<br>• Berechnung hochdimensionaler Integrale<br>• Markov Chain Monte Carlo<br>• Metropolis-Algorithmus |
| Lern- und Qualifikationsziele | Zusammenführung von Stochastik und Numerik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Unregelmäßig im WS oder SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Siehe Skript zur Vorlesung |

| Modul **FMI-MA0551** Monte-Carlo Methoden - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0551 |
| Modultitel (deutsch) | Monte-Carlo Methoden - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Monte-Carlo Methods - 6 BP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | M. Sc. Mathemaztik und Wirtschaftsmathematik:<br>• FMI-MA0202 Analysis 2 und FMI-MA0203 Analysis 3<br>• FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen<br>• Kenntnisse aus der Stochastik<br><br>M. Sc. Informatik und Computational Science<br>• vergleichbare Kenntnisse |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen; Vertiefung Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Stochastik; Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Direkte Simulation<br>• Zufallszahlen<br>• Berechnung hochdimensionaler Integrale<br>• Markov Chain Monte Carlo<br>• Metropolis-Algorithmus |
| Lern- und Qualifikationsziele | Zusammenführung von Stochastik und Numerik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Zusätzliche Informationen zum Modul | WS oder SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Siehe Skript zur Vorlesung |

| Modul **FMI-MA0572** Hyperbolische Erhaltungssätze und Wellengleichungen | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0572 |
| Modultitel (deutsch) | Hyperbolische Erhaltungssätze und Wellengleichungen |
| Modultitel (englisch) | Hyperbolic Laws of Conversation and Wave Equations |
| Modul-Verantwortliche/r | Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | M. Sc. Mathematik: FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen<br>M. Sc.Computational Sience: FMI-MA0800 Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Grundlegende Ansätze im Ort mit Finiten Differenzen, Finiten Volumen<br>• Verschiedene Zeitintegrationsverfahren einschließlich Charakteristikenverfahren<br>• Spezielle Lösungsverfahren für lineare Wellengleichungen<br>• Begriff der Entropielösung und Konvergenzabschätzungen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Beherrschung grundlegender Kompetenz linearer und nichtlinearer Wellengleichungen<br>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen<br>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Festlegung zu Modulbeginn |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | P. Knabner u. L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen: Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer, Berlin, 2009.<br>D. Kröner: Numerical Schemes for Conservation Laws, Vieweg+Teubner, 1997<br>R. J. LeVeque: Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge Univ. Press, 2002. |

| Modul **FMI-MA0601** Lineare Optimierung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0601 |
| Modultitel (deutsch) | Lineare Optimierung |
| Modultitel (englisch) | Linear Optimization |
| Modul-Verantwortliche/r | Ingo Althöfer, Andreas Löhne |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | B. Sc. Informatik: FMI-MA0022 Lineare Algebra |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Erfahrung im Umgang mit einer Programmiersprache oder MatLab<br>Grundkenntnisse im Wissenschaftlichen Rechnen bzw. in der Numerischen Mathematik |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2021): Wahlpflichtmodul (Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 B.A. Mathematik: Wahlpflichtmodul<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Optimierung)<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BAN: SP Optimierung)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Pflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • theoretische Grundlagen der linearen Optimierung<br>• Dualitätstheorie<br>• Simplex-Verfahren<br>• Innere-Punkte-Verfahren<br>• Umgang mit Optimierungssoftware<br>• Implementierung des Simplex-Verfahrens<br>• Anwendung der linearen Optimierung |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die mathematische Optimierung mit Schwerpunkt auf der linearen Optimierung<br>• Implementierung und Anwendung von Verfahren der linearen Optimierung |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Erreichen von mindestens 50% der möglichen Punkte der Übungsaufgaben, Vorrechnen von mindestens 2 Übungsaufgaben |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | schriftliche oder mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | • I. M. Bomze u. W. Grossmann: Optimierung Theorie und Algorithmen, BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1993<br>• M. C. Ferris, O. L. Mangasarian u. S. J. Wright: Linear Programming with MATLAB, SIAM, Philadelphia PA, 2007 |

| Modul **FMI-MA0701** Stochastik 1 (Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik) | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0701 |
| Modultitel (deutsch) | Stochastik 1 (Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik) |
| Modultitel (englisch) | Stochastics I (Introduction to Probability Theory and Statistics) |
| Modul-Verantwortliche/r | Michael Neumann, Björn Schmalfuß |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | FMI-MA0201 Analysis 1<br>FMI-MA0202 Analysis 2<br>FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung<br>2 SWS Tutorium |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>120 h<br>150 h |
| Inhalte | • Zufallsexperimente, Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsgrößen<br>• Verteilungsfunktionen, Verteilungsdichten, Binomialverteilung, Poissonverteilung, geometrische Verteilung, Normalverteilung, Exponentialverteilung<br>• Unabhängigkeit von Ereignissen und Zufallsgrößen, elementare bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte<br>• Momente, schwaches und starkes Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz<br>• Einführung in die Mathematische Statistik, Punkt- und Bereichsschätzungen, Grundbegriffe der Testtheorie |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Die Hörer haben viele grundlegende Konzepte der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Mathematischen Statistik kennengelernt.<br>• Sie sind vertraut mit den wichtigsten Fragestellungen und einigen elementaren Methoden, und können diese auch erfolgreich auf Problemstellungen anwenden. |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten |

| Modul **FMI-MA0706** Praktische Finanzmathematik 1 | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0706 |
| Modultitel (deutsch) | Praktische Finanzmathematik 1 |
| Modultitel (englisch) | Practical Financial Engineering I |
| Modul-Verantwortliche/r | Stefan Ankirchner |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **B.Sc. PO-Version 2008:** FMI-MA0701 Stochastik 1<br>**B.Sc. PO-Version 2018:** FMI-MA0710 Einführung in Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik<br>**M.Sc.:** keine, siehe jedoch empfohlene Vorkenntnisse |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | **B.Sc. PO-Version 2008:** FMI-MA0702 Stochastik 2 empfohlen<br>**B.Sc. PO-Version 2018:** FMI-MA0711 Maßtheorie und FMI-MA0712 Stocahstik empfohlen<br>**M.Sc.:** vergleichbare Kenntnisse aus o.g. Bachelormodulen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Stochastik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Implementierung von Bewertungsverfahren<br>• Monte-Carlo-Methoden in Financial Engineering<br>• Dynamic Programming |
| Lern- und Qualifikationsziele | Ergänzung zur Vorlesung Finanzmathematik 1 bzw. Verfahren der Versicherungs- und Finanzmathematik<br>Einblick in die praktische Umsetzung von Methoden der Finanzmathematik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | |
| Empfohlene Literatur | Wird in der Vorlesung bekannt gegeben |

| Modul **FMI-MA0741** Statistische Verfahren | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA0741 |
| Modultitel (deutsch) | Statistische Verfahren |
| Modultitel (englisch) | Statistical Methods |
| Modul-Verantwortliche/r | Michael Neumann, Jens Schumacher |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | **B.Sc. Mathematik, Wirtschaftsmathematik (PO-Version 2008):**<br>• FMI-MA0701 Stochastik 1<br><br>**B.Sc. Mathematik, Wirtschaftsmathematik (PO-Version 2018):**<br>• FMI-MA0710 Einführung in Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik<br><br>**B.Sc. Wirtschaftswissenschaften:**<br>• FMI-MA0017 Grundlagen der Analysis<br>• FMI-MA0022 Lineare Algebra<br>• FMI-MA3029 Elementare Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik<br><br>**B.Sc. Informatik, Bioinformatik:**<br>• FMI-MA0017 Grundlagen der Analysis<br>• FMI-MA0022 Lineare Algebra<br>• FMI-MA0007 Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie<br><br>**M.Sc.**<br>• keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 105 B.Sc. Mathematik: Pflichtmodul<br>- 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (BAN: SP Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Data Science)<br>- 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Mathematik)<br>- 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Pflichtmodul (Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes Semester |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |

| | |
|---|---|
| Inhalte | • Grundlegende Verfahren der statistischen Datenanalyse<br>• Anwendung dieser Verfahren zur Auswertung von Daten aus verschiedenen Anwendungsgebieten der Stochastik<br>• Benutzung statistischer Standardsoftware |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Vertiefung statistischer Denk-und Schlussweisen<br>• Kennenlernen der wichtigsten Verfahren zur statistischen Datenanalyse<br>• Befähigung zum Umgang mit statistischer Standardsoftware<br>• Befähigung zu selbstständiger Auswertung von Datensätzen<br>• Forschungsergebnisse angemessen darstellen können |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Projektarbeit in Kleingruppen mit schriftlicher Ausarbeitung |
| Empfohlene Literatur | • Ludwig Fahrmeier, Thomas Kneib, Stefan Lang: Regression: Modelle Methoden und Anwendungen. Springer, Berlin 2007.<br>• Yudi Pawitan: In all likelihood: Statistical modelling and inference using likelihood. Clarendon Press, Oxford 2001.<br>• Peter McCullagh, John Ashworth Nelder: Generalized linear models. Chapman and Hall, London 1989. |

| Modul **FMI-MA1101** Algorithmische Algebra | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1101 |
| Modultitel (deutsch) | Algorithmische Algebra |
| Modultitel (englisch) | Algorithmic Algebra |
| Modul-Verantwortliche/r | David J. Green |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Lineare Algebra (Kenntnisse aus dem Bachelor-Studium) |
| Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür) | |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 3 SWS Vorlesung<br>1 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Primzahltests und Faktorisierungsalgorithmen für ganze Zahlen und Polynome<br>- Gröbnerbasen und algebraische Gleichungssysteme |
| Lern- und Qualifikationsziele | - Erwerb von Fähigkeiten im Bereich der computergestützten Algebra<br>- Kennenlernen von Methoden, die in vielen anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt werden |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Häufigkeit des Angebots (Modulturnus): Jedes dritte Jahr, im WS oder SS |
| Empfohlene Literatur | - s. Veranstaltungskommentar<br>- nach Empfehlung der Dozenten |

| Modul **FMI-MA1208** Wavelets - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1208 |
| Modultitel (deutsch) | Wavelets - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Wavelets - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Höhere Analysis 1 (FMI-MA0207) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Angewandte Mathematik; Vertiefung Analysis)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Eigenschaften der Fouriertransformation<br>• Auflösungsskalen und Wavelets<br>• Wavelets mit kompaktem Träger<br>• Zerlegungs- und Rekonstruktionsalgorithmen<br>• Mehrdimensionale Wavelets<br>• Hölderräume und Wavelets |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie der Wavelets im Hinblick auf die numerische Behandlung von partiellen Differentialgleichungen und Anwendungen in der Signaltheorie<br>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln<br>• Erwerb berufs- und forschungsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | unregelmäßig im WS oder SS, innerhalb von 3 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Przemyslaw Wojtaszczyk: A mathematical introduction to wavelets. Cambridge Univ. Press, Cambridge 1997. |

| Modul **FMI-MA1215** Sobolevräume | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1215 |
| Modultitel (deutsch) | Sobolevräume |
| Modultitel (englisch) | Sobolev Spaces |
| Modul-Verantwortliche/r | Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Module Höhere Analysis 1 + 2 (FMI-MA0207 und FMI-MA1212) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Analysis)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Eigenschaften des Lebesgue-Integrals<br>• schwache Ableitungen<br>• Funktionen mit beschränkter Variation und absolutstetige Funktionen<br>• Poincare-Ungleichungen<br>• Spurprobleme<br>• die Poisson-Gleichung |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie der Sobolevräume<br>• Kennenlernen moderner Regularitätsbegriffe für Funktionen<br>• Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | einmal innerhalb von 3 Jahren |

| Modul **FMI-MA1217** Distributionen - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1217 |
| Modultitel (deutsch) | Distributionen - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Distributions - 6 BP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dorothhee D. Haroske, Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0203 Analysis 3 |
| Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür) | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis) für den M. Sc. Mathematik |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Analysis)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Testfunktionen - Faltung und Fouriertransformation<br>• Distributionen<br>• Rechenoperationen und Fouriertransformation<br>• Grundlösungen spezieller Differentialgleichungen<br>• Differentialoperatoren mit konstanten Koeffizienten<br>• Satz von Malgrange-Ehrenpreis<br>• Hypoelliptische Differentialoperatoren<br>• Ausbreitung von Singularitäten |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie der Distributionen<br>• Erwerb vertiefter Kenntnisse der Funktionalanalysis<br>• Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | einmal innerhalb von 3 Jahren |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Hans Triebel: Höhere Analysis. 2. verb. Aufl., Deutsch, Thun 1980.<br>Dorothee D. Haroske, Hans Triebel: Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations. European Math. Soc., Zürich 2008.<br>Valilij S. Vladimirov: Gleichungen der mathematischen Physik. Dt. Verl. D. Wissenschaften, Berlin 1972.<br>Lars Hörmander: The Analysis of Linear Partial Differential Operators. Springer, Berlin. |

| Modul **FMI-MA1221** Distributionen - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1221 |
| Modultitel (deutsch) | Distributionen - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Distributions - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Winfried Sickel |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0203 Analysis 3 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Analysis)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Testfunktionen - Faltung und Fouriertransformation<br>• Distributionen<br>• Rechenoperationen und Fouriertransformation<br>• Grundlösungen spezieller Differentialgleichungen<br>• Differentialoperatoren mit konstanten Koeffizienten<br>• Satz von Malgrange-Ehrenpreis<br>• Hypoelliptische Differentialoperatoren<br>• Ausbreitung von Singularitäten |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Einführung in die Theorie der Distributionen<br>• Erwerb vertiefter Kenntnisse der Funktionalanalysis<br>• Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | einmal innerhalb von 3 Jahren (Modul FMI-MA1217 oder Modul FMI-MA1221) |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Hans Triebel: Höhere Analysis. 2. verb. Aufl., Deutsch, Thun 1980.<br>Dorothee D. Haroske, Hans Triebel: Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations. European Math. Soc., Zürich 2008.<br>Valilij S. Vladimirov: Gleichungen der mathematischen Physik. Dt. Verl. D. Wissenschaften, Berlin 1972.<br>Lars Hörmander: The Analysis of Linear Partial Differential Operators. Springer, Berlin. |

| Modul **FMI-MA1401** Differentialgeometrie - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1401 |
| Modultitel (deutsch) | Differentialgeometrie - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Differential geometry - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Vladimir Matveev |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Klassische Differentialgeometrie (FMI-MA0406 oder FMI-MA0446) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Geometrie)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Mannigfaltigkeit und Tangentialräume<br>• Tensoren<br>• Riemansche Metriken<br>• Zusammenhang und kovariante Ableitung<br>• Erste und zweite Fundamentalformen<br>• Geodäten und Bewegungsgleichungen<br>• Krümmung, Einführung in allgemeinere Relativitätstheorie<br>• Evtl. Matrizen-Liegruppen und Faserbündel<br>• Feldgleichungen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Vermittlung von Grundlagen der Differentialgeometrie für Anwendungen in Mathematik, Physik, Naturwissenschaften und Technik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | aktive Teilnahme an den Übungen |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | WS und/oder SS, alle 2 Jahre |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten<br>Iskander A. Taimanov: Lectures on differential geometry. European Math. Soc., Zürich 2008. |

| Modul **FMI-MA1441** Differentialgeometrie - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1441 |
| Modultitel (deutsch) | Differentialgeometrie - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Differential geometry |
| Modul-Verantwortliche/r | Vladimir Matveev |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Klassische Differentialgeometrie (FMI-MA0406 oder FMI-MA0446) |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Geometrie)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Mannigfaltigkeit und Tangentialräume<br>• Tensoren<br>• Riemansche Metriken<br>• Zusammenhang und kovariante Ableitung<br>• Erste und zweite Fundamentalformen<br>• Geodäten und Bewegungsgleichungen<br>• Krümmung, Einführung in allgemeinere Relativitätstheorie<br>• Evtl. Matrizen-Liegruppen und Faserbündel<br>• Feldgleichungen |
| Lern- und Qualifikationsziele | Vermittlung von Grundlagen der Differentialgeometrie für Anwendungen in Mathematik, Physik, Naturwissenschaften und Technik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | mündliche Prüfung |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | aktive Teilnahme an den Übungen |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | WS und/oder SS, alle 2 Jahre |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten<br>Iskander A. Taimanov: Lectures on differential geometry. European Math. Soc., Zürich 2008 |

| Modul **FMI-MA1520** Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1520 |
| Modultitel (deutsch) | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Finite Elements for Partial Differential Equations - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Modul FMI-MA0207 Höhere Analysis 1<br>Kenntnisse: Numerik von Randwertproblemen, partielle Differentialgleichungen, Höhere Programmiersprache |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Hilbertraummethoden<br>• Existenz und Eindeutigkeit von schwachen Lösungen<br>• Ritz-Galerkin-Verfahren, Finite Elemente<br>• Konvergenz und Fehlerabschätzungen in Funktionenräumen<br>• Multigrid – Methode, schnelle Löser |
| Lern- und Qualifikationsziele | Beherrschung der numerischen Lösung von ausgewählten partiellen Differentialgleichungen mit finiten Elementen<br>Kenntnis von Fehlerabschätzungen und Fähigkeit zur Implementierung der numerischen Algorithmen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Module FMI-MA1520 oder FMI-MA1521 im WS oder SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Nach Empfehlung des Dozenten bei Beginn des Moduls |

| Modul **FMI-MA1521** Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1521 |
| Modultitel (deutsch) | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Finite Elements for Partial Differential Equations - 6 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl, Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Kenntnisse: Funktionalanalytische Grundlagen, Numerik von Randwertproblemen, partielle Differentialgleichungen, Höhere Programmiersprache<br>**M.Sc. Computational Science:**<br>Module FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das wissenschaftliche Rechnen oder Computational Physics |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Hilbertraummethoden<br>• Existenz und Eindeutigkeit von schwachen Lösungen<br>• Ritz-Galerkin-Verfahren, Finite Elemente<br>• Multigrid – Methode, schnelle Löser<br>• Finite Volumen Diskretisierung |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Verstehen des Konzepte der Finite Elemente und finite Volumen Diskretisierung<br>• schnelle Lösung der linearen Gleichungssysteme. Implementierung und Anwendung der numerischen Algorithmen<br>• Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Festlegung zu Beginn des Moduls |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Module FMI-MA1520 oder FMI-MA1521 im WS oder SS, einmal innerhalb von 2 Jahren |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlungen des Dozenten<br>K. Atkinson, W. Han: Theoretical Numerical Analysis: A functional analysis framework, 3. Auflage, Springer, 2009.<br>S. C. Brenner, L. R. Scott: The Mathematical Theory of Finite Element Methods, Springer, 2008. |

| Modul **FMI-MA1534** Wissenschaftliches Rechnen I | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1534 |
| Modultitel (deutsch) | Wissenschaftliches Rechnen I |
| Modultitel (englisch) | Scientific Computing I |
| Modul-Verantwortliche/r | Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das Wiss. Rechnen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 039 M.Sc. Geowissenschaften (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Geophysik - Transdisz. WP-Bereich 2)<br>- 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Scientific Computing)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Beschreibung mit gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen<br>• Finite Differenzen<br>• Explizite Zeitschrittverfahren<br>• Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme<br>• Strategien paralleler Finite Differenzenmethoden<br>• Strukturierte Gitter auf parallelen Rechnerarchitekturen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Konzepte der Modellierung quantitativer Phänomene<br>• Eigenschaften und Grenzen verschiedener Ansätze<br>• Fähigkeit, Parallele Algorithmen für verschiedene Rechnerarchitekturen zu beschreiben, geeignete Implementierungen zu entwickeln und zu bewerten |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |
| Empfohlene Literatur | Tveito/Winther, van de Velde, Bisseling |

| Modul **FMI-MA1535** Wissenschaftliches Rechnen II | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1535 |
| Modultitel (deutsch) | Wissenschaftliches Rechnen II |
| Modultitel (englisch) | Scientific Computing II |
| Modul-Verantwortliche/r | Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das Wiss. Rechnen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 039 M.Sc. Geowissenschaften (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Geophysik - Transdisz. WP-Bereich 2)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Scientific Computing)<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Finite Elemente mit Konvergenz<br>• Lösungsbegriffe, Variationsformulierung, schwache Lösungen<br>• Lösung großer, dünn besetzter, linearer Gleichungssysteme<br>• klassische Faktorisierungs und Krylow-Unterraumverfahren mit Theorie und Grenzen<br>• Vorkonditionierer und Multilevelmethoden<br>• Parallele Gebietszerlegungsmethoden<br>• Graphpartitionierung<br>• Unstrukturierte Gitter auf parallelen Rechnerarchitekturen |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Konzepte der Lösung und Diskretisierung von Differentialgleichungen<br>• Eigenschaften und Grenzen verschiedener Ansätze<br>• Fähigkeit zur Konstruktion problemangepasster numerischer Lösungsverfahren<br>• Fähigkeit zur Implementierung der Algorithmen und Nutzung von Softwarepaketen |

| | |
|---|---|
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur |
| Empfohlene Literatur | Hackbusch, Meister, Smith/Björstad/Gropp |

| Modul **FMI-MA1550** Komplexität stetiger Probleme | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1550 |
| Modultitel (deutsch) | Komplexität stetiger Probleme |
| Modultitel (englisch) | Complexity of Continuous Problems |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | Ein Schwerpunkt der Vorlesung ist Numerik hochdimensionaler Probleme. Welche Probleme sind tractable? Was ist der Fluch der Dimensionen und wie kann man ihn vermeiden? |
| Lern- und Qualifikationsziele | Im Rahmen der Vorlesung werden Methoden der Analysis und der theoretischen Informatik zusammengeführt.<br>Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse und Vorbereitung auf selbständige wissenschaftliche Arbeit |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | WS oder SS, einmal innerhalb von 3 Jahren |
| Empfohlene Literatur | Skript zur Vorlesung |

| Modul **FMI-MA1554** Komplexität stetiger Probleme - 9 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1554 |
| Modultitel (deutsch) | Komplexität stetiger Probleme - 9 LP |
| Modultitel (englisch) | Complexity of Continuous Problems - 9 CP |
| Modul-Verantwortliche/r | Dietmar Gallistl |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (Mathematik; NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 6 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | Ein Schwerpunkt der Vorlesung ist Numerik hochdimensionaler Probleme. Welche Probleme sind tractable? Was ist der Fluch der Dimensionen und wie kann man ihn vermeiden? |
| Lern- und Qualifikationsziele | Im Rahmen der Vorlesung werden Methoden der Analysis und der theoretischen Informatik zusammengeführt.<br>Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse und Vorbereitung auf selbständige wissenschaftliche Arbeit |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Zusätzliche Informationen zum Modul | Kann nicht zusammen mit dem Modul FMI-MA1550 Komplexität stetiger Probleme - 6 LP belegt werden. |
| Empfohlene Literatur | Skript zur Vorlesung |

| Modul **FMI-MA1570** Computational Finance | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1570 |
| Modultitel (deutsch) | Computational Finance |
| Modultitel (englisch) | Computational Finance |
| Modul-Verantwortliche/r | Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 SWS Vorlesung<br>2 SWS Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 9 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 270 h<br>90 h<br>180 h |
| Inhalte | • Modellierung von Finanzderivaten<br>• Lösung stochastischer Differentialgleichungen. Grundlegende Ansätze und Konvergenzbegriffe, Simulation stochastischer Prozesse<br>• Behandlung der Black-Scholes-Gleichung. Grundlegende Ansätze mit Finiten Differenzen, Konvergenztheorie, Stabilität, Lösung der entstehenden linearen Gleichungssysteme |
| Lern- und Qualifikationsziele | • Beherrschung grundlegende Konzepte der Modellierung von Finanzderivaten<br>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen<br>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Festlegung zu Modulbeginn |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | Rüdiger Seydel: Einführung in die numerische Berechnung von Finanz-Derivaten. Springer, Berlin 2000.<br>Rüdiger Seydel: Tools for computational finance. Springer, Berlin 2004.<br>Günther/Jüngel<br>Paul Wilmott, Sam Howison, Jeff N. Dewynne: The Mathematics of financial derivatives. Cambridge Univ. Press 2002.<br>Kloeden/Platen |

| Modul **FMI-MA1571** Moleküldynamik | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1571 |
| Modultitel (deutsch) | Moleküldynamik |
| Modultitel (englisch) | Molecular Dynamics |
| Modul-Verantwortliche/r | Gerhard Zumbusch |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Num. Mathematik/ Wiss. Rechnen)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Newtonsche Bewegungsgleichungen und Zeitintegrationsverfahren<br>• Modellierung mit kurz- und langreichweitigen Potentialen<br>• Algorithmen zur schnellen Kraftauswertung<br>• Visualisierung und Stochastische Interpretation der Daten |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben und Programmieraufgaben |

| Modul **FMI-MA1612** Mathematische Modelle für Optimierungsprobleme - 6 LP | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1612 |
| Modultitel (deutsch) | Mathematische Modelle für Optimierungsprobleme - 6 LP |
| Modultitel (englisch) | Mathematical models for Optimization Problems |
| Modul-Verantwortliche/r | Andreas Löhne |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Gute Grundkenntnisse in Analysis und Linearer Algebra, Programmierkenntnisse |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Pflichtmodul (Scientific Computing)<br>- 759 M.Sc. Biogeowissenschaften: Wahlpflichtmodul (1. Studienjahr) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | - Grundlagen der Optimierung<br>- Wichtige Klassen von Optimierungsproblemen<br>- Modellierungstechniken<br>- Anwendungen der Optimierung |
| Lern- und Qualifikationsziele | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen der Optimierung<br>• können Optimierungsprobleme aus technischen, ökonomischen und naturiwssenschaftlichen Anwednungen modellieren<br>• können passende Lösungsmethoden für Optimierungsprobleme auswählen und die Probleme lösen |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | Die Kriterien (z.B. aktive Mitarbeit in den Übungen, 50 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben, Bestehen einer Zulassungsklausur) werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur (100%).<br>Die Prüfungsform wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben. |
| Empfohlene Literatur | Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben |

| Modul **FMI-MA1706** Nichtparametrische Kurvenschätzung | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1706 |
| Modultitel (deutsch) | Nichtparametrische Kurvenschätzung |
| Modultitel (englisch) | Nonparametric curve estimation |
| Modul-Verantwortliche/r | Michael Neumann |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Module FMI-MA0701 Stochastik 1 und FMI-MA0702 Stochastik 2 werden dringend empfohlen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Stochastik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | • Schätzung der Verteilungsfunktion<br>• Kernschätzer der Wahrscheinlichkeitsdichte und der Regressionsfunktion<br>• Konvergenzraten<br>• Asymptotische Optimalität |
| Lern- und Qualifikationsziele | Vertiefendes Kennenlernen von modernen Methoden der Statistik<br>Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse auf dem Gebiet der Statistik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten |

| Modul **FMI-MA1714** Bootstrap-Verfahren | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1714 |
| Modultitel (deutsch) | Bootstrap-Verfahren |
| Modultitel (englisch) | Bootstrap procedures |
| Modul-Verantwortliche/r | Michael Neumann |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Stochastik 1 (FMI-MA0701) und Stochastik 2 (FMI-MA0702) |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik; Vertiefung Stochastik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul<br>- 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Stochastik) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 2 SWS Vorlesung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 3 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 90 h<br>30 h<br>60 h |
| Inhalte | Falls die Kenntnis der Verteilung einer Statistik wichtig ist, diese aber auf analytischem Wege nicht erreicht werden kann, so bieten sich Imitationsverfahren („Bootstrap“-Verfahren) zur approximativen Bestimmung an.<br>Die VL gibt einen Einblick in solche Verfahren für unabhängige und abhängige Daten und es werden Wege zum Beweis von deren asymptotischer Korrektheit aufgezeigt. |
| Lern- und Qualifikationsziele | Vertiefung der Stochastikkenntnisse<br>Kennenlernen wichtiger Techniken in der Statistik |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Wird in der Vorlesung bekannt gegeben |

| Modul **FMI-MA1738** Finanzmathematik | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-MA1738 |
| Modultitel (deutsch) | Finanzmathematik |
| Modultitel (englisch) | Financial Mathematics |
| Modul-Verantwortliche/r | Stefan Ankirchner |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | Keine |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | FMI-MA0702 Stochastik 2 empfohlen |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (NF Mathematik)<br>- 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Wintersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | 4 SWS Vorlesung/Übung |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 6 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 180 h<br>60 h<br>120 h |
| Inhalte | • Elemente zeitdiskreter Martingaltheorie<br>• Bewertung von Derivaten: Binomialmodell und Black-Scholes-Modell<br>• Portfolio-Optimierung<br>• Stopp-Probleme<br>• Implementierung von Bewertungsverfahren<br>• Monte-Carlo-Methoden in Financial Engineering<br>• Dynamische Programmierung |
| Lern- und Qualifikationsziele | Erweiterung der Kenntnisse im Fach Stochastik, insbesondere Erarbeitung von grundlegenden stochastischen Modellen für Finanzmärkte sowie deren Behandlung |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung | keine |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung |
| Empfohlene Literatur | Wird in der Vorlesung bekannt gegeben |

| Modul **PAFMO243** Optisches Maschinelles Lernen | |
|---|---|
| Modulcode | PAFMO243 |
| Modultitel (deutsch) | Optisches Maschinelles Lernen |
| Modultitel (englisch) | Optical Machine Learning |
| Modul-Verantwortliche/r | Jun.-Prof. Dr. Mario Chemnitz |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | Fundamentals of electrodynamics or optics, basic knowledge of programming |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | 128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik": Wahlpflichtmodul<br>128 LA Gymnasium Physik: Wahlpflichtmodul<br>528 M.Sc. Quantum Science and Technology: Required elective module, subject area "specialization"<br>628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul<br>728 M.Sc. Medical Photonics: Wahlpflichtmodul<br>200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes 2. Semester (ab Sommersemester) |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | Lecture: 2 h per week<br>Exercise: 1 h per week<br>Team Project: 1 h per week |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 5 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 150 h<br>90 h<br>60 h |
| Inhalte | Fundamentals of Machine Learning; Linear Regression and Classification; Regularization & Validation; Bias-Variance Tradeoff; Statistical Optimization Methods; Population-based Optimization Algorithms; Artificial Neural Networks; Optical Implementation of KNNs; Application of Machine Learning in Optical Systems; Optical Implementation of Neurons and Neural Networks; Optical Ways of Data Encoding; Energy and Complexity Analysis of Optical Neural Networks; Training of Optical Neural Networks; Reservoir Computing |
| Lern- und Qualifikationsziele | Fundamentals of machine learning; practical implementation of algorithms and their applications; knowledge of handling data sets; knowledge of data modeling, validation and optimization; understanding of the optical implementation of neural networks; ability to independently deepen knowledge with the help of current scientific literature |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | 65% of the points on the exercise sheets achieved; active participation in the exercises; submission of a project team report |

| | |
|---|---|
| Empfohlene Literatur | An up-to-date literature list will be announced at the beginning of the semester. |
| Unterrichtssprache | English |

| Modul **FMI-IN0902** Masterarbeit Computational and Data Science | |
|---|---|
| Modulcode | FMI-IN0902 |
| Modultitel (deutsch) | Masterarbeit Computational and Data Science |
| Modultitel (englisch) | Master thesis |
| Modul-Verantwortliche/r | Betreuer der Master-Arbeit entsprechend Prüfungsordnung §20(3) |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul | 75 LP gemäß Regelstudienplan, vgl. Prüfungsordnung §18(2) |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse | keine |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul) | Pflichtmodul für den M.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den M.Sc. Bioinformatik<br>Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus) | jedes Semester |
| Dauer des Moduls | 1 Semester |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …) | Abschlussarbeit |
| Leistungspunkte (ECTS credits) | 30 LP |
| Arbeitsaufwand (work load) in:<br>- Präsenzstunden<br>- Selbststudium<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen) | 900 h<br>0 h<br>900 h |
| Inhalte | Der Inhalt, insbesondere die Beschreibung der zu lösenden Aufgabe wird bei der Ausgabe des Themas festgelegt (vgl. Prüfungsordnung§20(3,4)). Thema und Aufgabenstellung müssen so beschaffen sein, dass die zur Bearbeitung vorgegebene Frist eingehalten werden kann und die mit der Master-Arbeit verbundene Arbeitsbelastung des Studierenden 900 h nicht überschreitet. |
| Lern- und Qualifikationsziele | Mit der Master-Arbeit sollen die Studierenden nachweisen, das ssie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist einanspruchsvolles Problem selbstständig wissenschaftlich zu bearbeitenund wissenschaftlichen Standards entsprechend darzustellen.<br>Sie haben Erfahrungen in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens.<br>Außerdem haben sie in einem speziellen Forschungsgebiet der Informatik/Bioinformatik/Computational and Data Science vertiefende praktische Erfahrungen gesammelt. |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | schriftliche Ausarbeitung und Präsentation der Arbeit im Rahmen eines Kolloqiums |

# Abkürzungen:

Abkürzungen für Veranstaltungen

| | |
|---|---|
| AVL.... | Antrittsvorlesung |
| AG.... | Arbeitsgemeinschaft |
| AM.... | Aufbaumodul |
| AS.... | Ausstellung |
| BM.... | Basismodul |
| BzPS.... | Begleitveranstaltung zum Praxissemester |
| B.... | Beratung |
| Bes.... | Besichtigung |
| KB.... | Besprechung |
| Blo.... | Blockierung |
| BV.... | Blockveranstaltung |
| DV.... | Diavortrag |
| EF.... | Einführungsveranstaltung |
| ES.... | Einschreibungen |
| EKK.... | Examensklausurenkurs |
| EX.... | Exkursion |
| Exp.... | Experiment/Erhebung |
| FE.... | Feier/Festveranstaltung |
| F.... | Filmvorführung |
| GÜ.... | Geländeübung |
| GK.... | Grundkurs |
| HpS.... | Hauptseminar |
| HS/B.... | Hauptseminar/Blockveranstaltung |
| HS/Ü.... | Hauptseminar/Übung |
| Inf.... | Informationsveranstaltung |
| IHS/ Ü.... | Interdisziplinäres Hauptseminar/ Übung |
| KS.... | Klausur |
| KS/ PR.... | Klausur/Prüfung |
| K.... | Kolloquium |
| K/P.... | Kolloquium/Praktikum |
| KS.... | Konferenz/Symposium |
| kV.... | Kulturelle Veranstaltung |
| Ku.... | Kurs |

Abkürzungen für Veranstaltungen

| | |
|---|---|
| Ku.... | Kurs |
| Lag.... | Lagerung |
| LFP.... | Lehrforschungsprojekt |
| Lek.... | Lektürekurs |
| M.... | Modul |
| MV.... | Musikveranstaltung |
| OS.... | Oberseminar |
| OnLS.... | Online-Seminar |
| OnV.... | Online-Vorlesung |
| P.... | Praktikum |
| PrS.... | Praktikum/Seminar |
| PM.... | Praxismodul |
| Pr.... | Probe |
| PJ.... | Projekt |
| PPD.... | Propädeutikum |
| PS.... | Proseminar |
| PR.... | Prüfung |
| PrVo.... | Prüfungsvorbereitung |
| QB.... | Querschnittsbereich |
| RE.... | Repetitorium |
| V/R.... | Ringvorlesung |
| SU.... | Schulung |
| S.... | Seminar |
| S/E.... | Seminar/Exkursion |
| S/Ü.... | Seminar/Übung |
| SZ.... | Servicezeit |
| SI.... | Sitzung |
| SoSch.... | Sommerschule |
| SO.... | Sonstiges |
| SV.... | Sonstige Veranstaltung |
| SK.... | Sprachkurs |
| TG.... | Tagung |
| TT.... | Teleteaching |
| TN.... | Treffen |
| Tu.... | Tutorium |
| T.... | Tutorium |
| Ü.... | Übung |
| Ü/B.... | Übung/Blockveranstaltung |
| Ü.... | Übungen |
| Ü/I.... | Übung/Interdisziplinär |

Abkürzungen für Veranstaltungen

| | |
|---|---|
| Ü/P.... | Übung/Praktikum |
| Ü/T.... | Übung/Tutorium |
| Ve.... | Versammlung |
| ViKo.... | Videokonferenz |
| V.... | Vorlesung |
| V/K.... | Vorlesung m. Kolloquium |
| V/P.... | Vorlesung/Praktikum |
| V/S.... | Vorlesung/Seminar |
| V/Ü.... | Vorlesung/Übung |
| Vor.... | Vortrag |
| VT.... | Vortrag |
| WS.... | Wahlseminar |
| WV.... | Wahlvorlesung |
| We.... | Weiterbildung |
| Wo.... | Workshop |
| WOS.... | Workshop |
| ZÜ.... | Zeugnisübergabe |

Other Abbrevations

| | |
|---|---|
| Anm..... | Anmerkung |
| ASQ.... | Allgemeine Schlüsselqualifikationen |
| AT.... | Altes Testament |
| E.... | Essay |
| FSQ.... | Fachspezifische Schlüsselqualifikationen |
| FSV.... | Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften |
| GK.... | Grundkurs |
| IAW.... | Institut für Altertumswissenschaften |
| LP.... | Leistungspunkte |
| NT.... | Neues Testament |
| SQ.... | Schlüsselqualifikationen |
| SS.... | Sommersemester |
| SWS.... | Semesterwochenstunden |
| TE.... | Teilnahme |
| TP.... | Thesenpublikation |
| ThULB.... | Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek |
| VVZ.... | Vorlesungsverzeichnis |
| WS.... | Wintersemester |