



seit 1558

# Friedrich-Schiller-Universität Jena

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

### Inhaltsverzeichnis

|                            |                                                          |    |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|----|
|                            | Erläuterung zum Modulkatalog                             | 4  |
| <a href="#">FMI-IN0001</a> | Algorithmen und Datenstrukturen                          | 5  |
| <a href="#">FMI-IN0002</a> | Grundlagen der Algorithmik                               | 7  |
| <a href="#">FMI-IN0025</a> | Grundlagen informatischer Problemlösung                  | 9  |
| <a href="#">FMI-IN0034</a> | Maschinelles Lernen und Datamining                       | 11 |
| <a href="#">FMI-IN0036</a> | Mustererkennung                                          | 13 |
| <a href="#">FMI-IN0046</a> | Rechnersehen I                                           | 15 |
| <a href="#">FMI-IN0075</a> | Objektorientierte Programmierung                         | 17 |
| <a href="#">FMI-IN0076</a> | Deklarative Programmierung                               | 19 |
| <a href="#">FMI-IN0095</a> | Algorithmische Geometrie I                               | 21 |
| <a href="#">FMI-IN0096</a> | Algorithmische Grundlagen des maschinellen Lernens       | 23 |
| <a href="#">FMI-IN0101</a> | Konvexe Optimierung                                      | 25 |
| <a href="#">FMI-IN0106</a> | Grundlagen der Rechnerarithmetik                         | 27 |
| <a href="#">FMI-IN0107</a> | Intervallarithmetik                                      | 30 |
| <a href="#">FMI-IN0119</a> | Algorithm Engineering                                    | 32 |
| <a href="#">FMI-IN0125</a> | Automatisches Differenzieren                             | 34 |
| <a href="#">FMI-IN0126</a> | Hochleistungsrechnen                                     | 36 |
| <a href="#">FMI-IN0129</a> | Parallele Algorithmen                                    | 38 |
| <a href="#">FMI-IN0136</a> | Parallel Computing I                                     | 39 |
| <a href="#">FMI-IN0137</a> | Parallel Computing II                                    | 41 |
| <a href="#">FMI-IN0138</a> | Visualisierung - 5 LP                                    | 43 |
| <a href="#">FMI-IN0139</a> | Elemente der rechen- und datengetriebenen Wissenschaften | 45 |
| <a href="#">FMI-IN0140</a> | Management of Scientific Data                            | 47 |
| <a href="#">FMI-IN0141</a> | Big Data                                                 | 49 |
| <a href="#">FMI-IN0142</a> | Seminar Computational and Data Science                   | 50 |
| <a href="#">FMI-IN0143</a> | Visualisierung - 3 LP                                    | 51 |
| <a href="#">FMI-IN0147</a> | Informationstheorie                                      | 52 |
| <a href="#">FMI-IN2000</a> | Datenbanken und Informationssysteme                      | 54 |
| <a href="#">FMI-MA0007</a> | Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie             | 55 |

|                            |                                                                           |     |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| <a href="#">FMI-MA0017</a> | Grundlagen der Analysis                                                   | 56  |
| <a href="#">FMI-MA0022</a> | Lineare Algebra                                                           | 57  |
| <a href="#">FMI-MA0028</a> | Numerische Mathematik - 3 LP                                              | 58  |
| <a href="#">FMI-MA0101</a> | Algebra 1                                                                 | 59  |
| <a href="#">FMI-MA0104</a> | Codierungstheorie- 9 LP                                                   | 60  |
| <a href="#">FMI-MA0144</a> | Codierungstheorie - 6 LP                                                  | 62  |
| <a href="#">FMI-MA0202</a> | Analysis 2                                                                | 64  |
| <a href="#">FMI-MA0203</a> | Analysis 3                                                                | 66  |
| <a href="#">FMI-MA0204</a> | Approximationstheorie 1 - 9 LP                                            | 68  |
| <a href="#">FMI-MA0207</a> | Höhere Analysis 1                                                         | 70  |
| <a href="#">FMI-MA0208</a> | Approximationstheorie 1 - 6 LP                                            | 72  |
| <a href="#">FMI-MA0244</a> | Gewöhnliche Differentialgleichungen                                       | 74  |
| <a href="#">FMI-MA0288</a> | Wavelets - 3 LP                                                           | 76  |
| <a href="#">FMI-MA0302</a> | Algebra/Geometrie 2                                                       | 77  |
| <a href="#">FMI-MA0406</a> | Klassische Differentialgeometrie - 9 LP                                   | 79  |
| <a href="#">FMI-MA0446</a> | Klassische Differentialgeometrie - 6 LP                                   | 81  |
| <a href="#">FMI-MA0500</a> | Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen | 83  |
| <a href="#">FMI-MA0520</a> | Numerik von Randwertproblemen - 9 LP                                      | 85  |
| <a href="#">FMI-MA0521</a> | Numerik von Randwertproblemen - 6 LP                                      | 87  |
| <a href="#">FMI-MA0550</a> | Monte-Carlo Methoden - 9 LP                                               | 89  |
| <a href="#">FMI-MA0551</a> | Monte-Carlo Methoden - 6 LP                                               | 90  |
| <a href="#">FMI-MA0572</a> | Hyperbolische Erhaltungssätze und Wellengleichungen                       | 92  |
| <a href="#">FMI-MA0601</a> | Lineare Optimierung                                                       | 94  |
| <a href="#">FMI-MA0701</a> | Stochastik 1 (Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik) | 96  |
| <a href="#">FMI-MA0741</a> | Statistische Verfahren                                                    | 98  |
| <a href="#">FMI-MA1101</a> | Algorithmische Algebra                                                    | 100 |
| <a href="#">FMI-MA1103</a> | Primzahltests und Faktorisierungsalgorithmen                              | 101 |
| <a href="#">FMI-MA1208</a> | Wavelets - 9 LP                                                           | 103 |
| <a href="#">FMI-MA1215</a> | Sobolevräume                                                              | 105 |
| <a href="#">FMI-MA1217</a> | Distributionen - 6 LP                                                     | 106 |
| <a href="#">FMI-MA1221</a> | Distributionen - 9 LP                                                     | 108 |
| <a href="#">FMI-MA1401</a> | Differentialgeometrie - 9 LP                                              | 110 |
| <a href="#">FMI-MA1441</a> | Differentialgeometrie - 6 LP                                              | 112 |
| <a href="#">FMI-MA1520</a> | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 9 LP              | 114 |
| <a href="#">FMI-MA1521</a> | Finite Elemente für partielle Differentialgleichungen - 6 LP              | 115 |
| <a href="#">FMI-MA1534</a> | Wissenschaftliches Rechnen I                                              | 117 |
| <a href="#">FMI-MA1535</a> | Wissenschaftliches Rechnen II                                             | 119 |
| <a href="#">FMI-MA1550</a> | Komplexität stetiger Probleme                                             | 121 |
| <a href="#">FMI-MA1570</a> | Computational Finance                                                     | 122 |

|                   |                                                              |            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>FMI-MA1571</b> | <b>Moleküldynamik</b>                                        | <b>124</b> |
| <b>FMI-MA1612</b> | <b>Mathematische Modelle für Optimierungsprobleme - 6 LP</b> | <b>125</b> |
| <b>FMI-MA1706</b> | <b>Nichtparametrische Kurvenschätzung</b>                    | <b>126</b> |
| <b>FMI-MA1714</b> | <b>Bootstrap-Verfahren</b>                                   | <b>127</b> |
| <b>FMI-MA1738</b> | <b>Finanzmathematik</b>                                      | <b>128</b> |
| <b>FMI-IN0902</b> | <b>Masterarbeit Computational and Data Science</b>           | <b>129</b> |
|                   | <b>Abkürzungen</b>                                           | <b>130</b> |

**Hinweis :** Prüfungstermine, Prüfungen sowie die den Prüfungen zugeordneten Lehrveranstaltungen (Prüfungsvoraussetzungen) werden in dieser PDF-Version des Modulkatalogs nicht mit ausgegeben. Informieren Sie sich hierzu im Modulkatalog im Friedolin. Prüfungstermine, Prüfungen sowie die den Prüfungen zugeordneten Lehrveranstaltungen können nach der Auswahl von Abschluss, Studiengang bzw. -fach und Modul unter der Funktion "Alle Modulbeschreibungen ansehen" von jedem, erfolgreich angemeldeten, Nutzer in Friedolin eingesehen werden. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt. An der FSU Jena immatrikulierte Studenten der betreffenden Abschlüsse können eine, auf den jeweiligen Studiengang bezogene, Ansicht der Modulbeschreibungen unter der Funktion "Meine Modulbeschreibungen" einsehen.

**Erläuterung zum Modulkatalog**

M.Sc. Computational and Data Science:

Die Übersicht der Zuordnung der Module zu den einzelnen Bereichen

- Pflichtmodule
- Wahlpflichtmodule
- Nivellierungsmodule

entnehmen Sie bitte den Angaben auf der Studium-Homepage der Fakultät für Mathematik und Informatik.

| Modul <b>FMI-IN0001</b> 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)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Bioinformatik<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik Erweiterungsfach<br>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt)<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Computational and Data Science (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortieralgorithmen</li> <li>• Hashing</li> <li>• Grundlegende Algorithmenentwurfstechniken (Dynamisches Programmieren, Greedy, Teile und Herrsche, Brach and Bound)</li> <li>• Heaps (Binomialheaps, Fibonacci-Heaps)</li> <li>• Algorithmen auf Graphen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen</li> <li>• Befähigung zu Entwurf und Analyse (Korrektheit, Laufzeit, Speicherplatzbedarf) effizienter Algorithmen für Basisprobleme</li> <li>• Entwicklung klar formulierter Pseudocodes</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                   |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 <b>FMI-IN0002</b> Grundlagen der Algorithmik                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0002                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modultitel (deutsch)                                              | Grundlagen der Algorithmik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modultitel (englisch)                                             | Foundations of Algorithmics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Joachim Giesen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-IN0001 Algorithmen und Datenstrukturen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Wahlpflichtbereich 2) für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul für das Lehramt Informatik<br>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                        |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 6 V/Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h<br>- Präsenzstunden 60 h<br>- Selbststudium 120 h<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behandlung fortgeschrittener Methoden und Techniken des Algorithmenentwurfs und der Algorithmenanalyse zum Erreichen eines Grundverständnisses von Kernthemen der Algorithmik.</li> <li>• Zugleich Basis für weiterführende Spezialvorlesungen.</li> <li>• Einzelne Themen beispielsweise             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Graphalgorithmen, Algorithmen auf Zeichenketten, Datenkompression</li> <li>- untere Schranken, NP-vollständige Probleme</li> </ul> </li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse algorithmischer Methoden</li> <li>• Befähigung zu Entwurf und Analyse effizienter Algorithmen</li> <li>• Einsicht von Polynomzeitlösbarkeit und deren Ausweitung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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 <b>FMI-IN0025</b> Grundlagen informatischer Problemlösung   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modultitel (deutsch)                                              | Grundlagen informatischer Problemlösung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modultitel (englisch)                                             | Foundations of Computational Problem Solving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Wolfram Amme, Birgitta König-Ries                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik Gymnasium<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik Erweiterungsfach<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den B.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul für den B.Sc. Wirtschaftswissenschaften, Schwerpunkt IMS<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt)<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt)<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V+4P                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                  | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Selbststudium                                                   | 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inhalte                                                           | <p>In der Veranstaltung werden in unabhängig voneinander durchgeführten Vorlesungen die Konzepte der algorithmischen Problemlösung und der prozeduralen Programmierung eingeführt.</p> <p>In der <b>Vorlesung zur „Algorithmischen Problemlösung“</b> erfolgt eine Einführung in Grundlagen der Informationsverarbeitung und eine erste Betrachtung des Algorithmusbegriffes. Aufbauend auf diesen Ausführungen werden informatische Methoden zur Problemlösung und Ansätze zur Modellierung von Problemen und Lösungsstrategien eingeführt.</p> <p>In der <b>Vorlesung zur „Programmierung“</b> wird gezeigt, wie Lösungsansätze in Form von Programmen erstellt werden können. Das Konzept der Programmierung wird dabei ausschließlich am Beispiel des prozeduralen Programmierparadigmas dargestellt. Neben der Einführung von in prozeduralen Sprachen verwendeten Kontrollstrukturen, wird der Studierende insbesondere mit höheren Datenstrukturen, sowie darauf angewendeter Algorithmen, vertraut gemacht.</p> <p>In zusätzlich durchgeführten <b>Praktika</b> soll der Student sich zudem einen sicheren Umgang mit prozeduralen Programmierkonzepten aneignen.</p> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundverständnis informatorischer Fragestellungen und Lösungsansätze</li> <li>• Fähigkeit zur Problemlösung in der Informatik</li> <li>• Beherrschung einer konkreten prozeduralen Programmiersprache</li> <li>• Grundlegende Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Voraussetzung für die Zulassung zur - Modulprüfung                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | <p>2 Teilprüfungen (je 50 %)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Programmierung:</b> Praktikum – Bedingungen werden zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben. Die Prüfung kann nur durch die Wiederholung des gesamten Teilmoduls wiederholt werden</li> <li>• <b>Algorithmische Problemlösung:</b> Klausur oder mündliche Prüfung</li> </ul> <p>Beide Teilprüfungen müssen unabhängig voneinander bestanden werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Zusätzliche Informationen zum Modul                               | Lehramt Informatik Gymnasium: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Empfohlene Literatur                                              | <p>Backhouse: Algorithmic Problem Solving, Wiley, 2011</p> <p>Kernighan/Ritchie: The C Programming Language. Pentice Hall Software. 2000</p> <p>Riley/Hunt: Computational Thinking for the Modern Problem Solver. CRC Press, 2014</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Modul <b>FMI-IN0034</b> Maschinelles Lernen und Datamining        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0034                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modultitel (deutsch)                                              | Maschinelles Lernen und Datamining                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modultitel (englisch)                                             | Machine Learning and Datamining                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Ernst Günter Schukat-Talamazzini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-IN0036 (Mustererkennung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (KIME, INT) für den M.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (INT) für den B.Sc. Informatik (zusätzliches Lehrangebot)</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik oder bioinformatisch relevante Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Data Science) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) für das Lehramt Informatik Gymnasium</p> <p>Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) für das Lehramt Informatik Regelschule</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (jährlich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V (mit Projektanteil)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <p>Strukturaufdeckung, Klassifizierung oder Entwicklungsvorhersage aus großen Datenfluten (Finanzprozesse, Handel und Transport, med./biol. Datensätze, Klimamesswerte, elektronische Dokumente, Fertigungsautomatisierung)</p> <p>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)</p>                                                                                            |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tiefgreifende Fachkenntnisse des Gebiets Maschinelles Lernen</li><li>• Fähigkeit zur Analyse, Design und Realisierung von ML-Systemen</li><li>• Flächendeckende Übersicht aktueller Techniken des Datamining</li><li>• Vertiefte Kenntnisse im Gebiet „Graphische Modelle“</li></ul> |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30min) zur Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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.                                                                                              |

| Modul <b>FMI-IN0036</b> Mustererkennung                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0036                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Modultitel (deutsch)                                              | Mustererkennung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modultitel (englisch)                                             | Pattern Recognition                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Ernst Günter Schukat-Talamazzini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (INT) für den B.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (INT) für den B.Sc. Angewandte Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Wahlpflichtbereich 2) für den B.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (INT) für den M.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik oder bioinformatisch relevante Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) für das Lehramt Informatik Gymnasium</p> <p>Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) für das Lehramt Informatik Regelschule</p> <p>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul für den B.Sc. Wirtschaftswissenschaften, Schwerpunkt IMS</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3 V + 1 Ü (mit Projektanteil)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <p>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.</p> <p>Diskretisierung/Filterung/Normierung; Merkmalauswahl und Merkmalstransformation; statistische, diskriminative und nichtparametrische Klassifikatoren; unüberwachtes Lernen; Zeitreihen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 (120min) oder mündliche Prüfung (30min) zur Vorlesung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zusätzliche Informationen zum Modul                               | Empfohlene Vorkenntnisse für das Modul:<br>FMI-IN0070 (Grundlagen der Modellierung und Programmierung) oder FMI-IN0040 (Grundlagen der Modellierung und Programmierung (Grundteil)) oder FMI-IN0025 (Strukturiertes Programmieren für Bioinformatiker)<br>FMI-IN0001 (Algorithmen und Datenstrukturen)<br>FMI-IN0005 (Automaten und Berechenbarkeit) oder FMI-IN0006 (Berechenbarkeit und Komplexität) |
| 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 <b>FMI-IN0046</b> Rechnersehen I                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0046                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modultitel (deutsch)                                              | Rechnersehen I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modultitel (englisch)                                             | Computer Vision I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Joachim Denzler (Vertreter Erik Rodner)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (INT) für den B.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (INT) für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Wahlpflichtbereich 2) für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik<br>Wahlpflichtmodul (INT) für den M.Sc. Informatik (auf Antrag)<br>Wahlpflichtmodul (Bereich Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 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 aufgenommene Daten verarbeiten und interpretieren können.<br><br>Im Bereich der Master-Studiengänge werden im Rahmen der Übungsseries 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 <b>FMI-IN0075</b> 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)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik Gymnasium<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik, wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V+2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 5 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <p>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.</p> <p>Weitere Teile der Vorlesung behandeln vertieft objektorientierte Modellierungstechniken sowie Aspekte des nebenläufigen objektorientierten Programmentwurfs.</p> <p>In der Übung sollen die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse gefestigt werden.</p> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse objektorientierter Programmierkonzepte und deren Anwendbarkeit</li> <li>• Beherrschen einer objektorientierten Programmiersprache</li> <li>• Fähigkeit zur objektorientierten Modellierung</li> <li>• Grundverständnis für nebenläufige Programmausführungen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                   |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 <b>FMI-IN0076</b> 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)                                                     | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für das Lehramt Informatik Gymnasium<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik/Informatik/Wiwi) für den B.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul für den B.Sc. Wirtschaftswissenschaften, Schwerpunkt IMS<br>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 2V+2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der funktionalen Programmierung mit LISP (Scheme): Symbolverarbeitung, Rekursion, funktionale und Datenabstraktion, Funktionen höherer Ordnung, textuelle Abstraktion.</li> <li>• Grundlagen der logischen Programmierung mit PROLOG: Horn-Klauseln, Unifikation, SLDNF-Resolution, Ausüben von Kontrolle, Inferenzmaschinen, DCG-Grammatiken</li> </ul>                                                                                                                       |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundverständnis für das deklarative Programmierparadigma und dessen Anwendungsbereiche: Komplexe, unvollständig bestimmte und semantische Problemstellungen, insbesondere bei der Wissensverarbeitung.</li><li>• Grundkenntnisse in der LISP/(Scheme)- sowie Prolog-Programmierung.</li></ul>              |
| 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                                              | <p>Abelson, H., Sussman, G.J., Structure and Interpretation of Computer programs, 2nd edition, MIT Press, 1996.</p> <p>Kapitel 5 in: Goos, G., Vorlesungen über Informatik, Band 1, Springer-Verlag, Berlin, 2000.</p> <p>Kapitel KI-Programmierung in: Görz, G. (Hrsg.), Einführung in die Künstliche Intelligenz, Addison-Wesley, Bonn, 1993.</p> |

| Modul <b>FMI-IN0095</b> 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)            | <p>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Angewandte Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Algorithmik, Nebenfach Informatik) für den B.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Algorithmik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Computational and Data Science (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt)</p> <p>Wahlpflichtmodul (Algorithmik) für das Lehramt Gymnasium Informatik</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 6VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | <p>180 h</p> <p>- Präsenzstunden 90 h</p> <p>- Selbststudium 90 h</p> <p>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Inhalte                                                           | <p>Geometrisches Modellieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Prädikate (z.B. in-circle, left-of-hyperplane)</li> <li>• Voronoi Diagramme, Delaunay Triangulierungen</li> <li>• Simpliciale Komplexe / Simpliciale Homologie</li> </ul> <p>Anwendungen in Computergraphik / Datenanalyse</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis grundlegender Techniken des geometrischen Modellierens</li> <li>• Befähigung zur Implementierung geometrischer Algorithmen</li> <li>• Einblick in Anwendungen des geometrischen Modellierens</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>- Tamal K. Dey. Curve and Surface Reconstruction: Algorithms with Mathematical Analysis. Cambridge University Press.</li><li>- Herbert Edelsbrunner. Geometry and Topology for Mesh Generation. Cambridge University Press.</li><li>- Afra Zomorodian. Topology for Computing. Cambridge University Press.</li><li>- Mark de Berg, Mark van Kreveld, Mark Overmars and Otfried Schwarzkopf. Computational Geometry. Springer Verlag.</li></ul> |

| Modul <b>FMI-IN0096</b> 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)                     | Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Computational and Data Science (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt) |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                      | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Dauer des Moduls                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)          | 6 V/Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                             | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                             | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| - Präsenzstunden                                                           | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                            | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inhalte                                                                    | Überwachtes Lernen:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifikation</li> <li>• Regression</li> <li>• Matrixrekonstruktion</li> </ul> Nicht-überwachtes Lernen:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Clustering</li> </ul> Statistische Lerntheorie<br>Information Retrieval<br>Spieltheorie |
| Lern- und Qualifikationsziele                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundverständnis von statistischen und algorithmischen Techniken des maschinellen Lernens</li> <li>• Befähigung, Verfahren des maschinellen Lernens einschätzen und anwenden zu können</li> <li>• Einblick in Anwendungen des maschinellen Lernens.</li> </ul>       |
| 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)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Empfohlene Literatur                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>- Duda, Richard O.; Hart, Peter E.; Stork, David G.: Pattern Classification.</li><li>- Scholkopf, Bernhard; Smola, Alexander J.: Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond.</li><li>- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome H.: Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction.</li><li>- Shawe-Taylor, John; Christianini, Nello: Kernel Methods for Pattern Analysis.</li></ul> |

| Modul <b>FMI-IN0101</b> 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)            | <p>Wahlpflichtmodul (TIA, zusätzliches Angebot) für den B.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (ALG, TIA) für den M.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (bioinformatisch relevante Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Optimierung oder Algorithmik, Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Optimierung) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3V + 1Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konvexe Mengen und Funktionen</li> <li>• konvexe Optimierungsprobleme</li> <li>• lineare, konvexe quadratische und semi-definite Programme</li> <li>• Dualität</li> <li>• Ellipsoidmethode</li> <li>• simplexartige Algorithmen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <p>Grundlegendes Verständnis für die Theorie und Praxis der konvexen Optimierung.</p> <p>Einsicht in die Beschränkungen der verschiedenen Verfahren, z.B. numerische Stabilität.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 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 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 <b>FMI-IN0106</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (RAR, PAR) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Bioinformatik (Bereich Informatik)<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Mathematik (Nebenfach Informatik)<br>Wahlpflichtmodul (INF) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 3. Semester                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V + 2Ü (u.a. mit Kleinprojekten)                                                                                                                                                                                                                                    |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## Inhalte

Wie rechnet eigentlich ein Rechner? Dieser grundlegenden, für Anwendungen in den verschiedensten Gebieten enorm wichtigen Frage soll in dieser Lehrveranstaltung detailliert nachgegangen werden.

Der erste Teil der Vorlesung beschäftigt sich mit Methoden und Ergebnissen einer darstellungsunabhängigen Formalisierung der Rechnerarithmetik: Maschinendarithmetik 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.

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.

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, Normalisierung, Rundung.

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.

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

| Modul <b>FMI-IN0107</b> 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                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• FMI-IN0106 (Grundlagen der Rechnerarithmetik)</li> <li>• Kenntnisse aus Funktionalanalysis und Numerik</li> </ul>                                                                                                           |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (RAR, PAR) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Bioinformatik (Bereich Informatik)<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Mathematik (Nebenfach Informatik)<br>Wahlpflichtmodul (INF) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 3. Semester                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V + 2Ü (u.a. mit Kleinprojekten)                                                                                                                                                                                                                                    |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inhalte                                                           | <p>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 Einschüsse stellen Intervalle dar, deren Grenzen Maschinenzahlen sind.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <p>Die Studierenden kennen die Theorie der Intervallarithmetik auf Digitalrechnern sowie wichtige Anwendungen.</p> <p>Sie sind in der Lage, Programmsysteme zur Intervallrechnung zu benutzen, Intervallarithmetik praktisch einzusetzen und auf klassische Probleme der Numerischen Mathematik anzuwenden.</p> <p>Sie besitzen ein Verständnis der prinzipiellen Grenzen der Numerischen Mathematik bei alleiniger Verwendung traditioneller Methoden der Rechnerarithmetik.</p> <p>Sie sind zur Bewertung und Handhabung von komplexer, unvollständiger oder widersprüchlicher Information mit Hilfe intervallarithmetischer Ansätze fähig.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                              | <p>Jaulin, Luc; Kieffer, Michel; Didrit, Olivier; Walter, Eric: Applied Interval Analysis. With Examples in Parameter and State Estimation, Robust Control and Robotics.</p> <p>Petkovic, Miodrag S.; Petkovic, Ljiljana D.: Complex Interval Arithmetic and Its Applications.</p> <p>Krämer, Walter; Kulisch, Ulrich; Lohner, Rudolf: Numerical Toolbox for Verified Computing. Vol. 2 : Advanced Numerical Problems.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Modul <b>FMI-IN0119</b> 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                           | FMI-IN0002 (Grundlagen der Algorithmik)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Pflichtmodul (Computational Informatics) für den M.Sc. Computational and Data Science (wenn noch nicht im Bachelor-Studium belegt)</p> <p>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (TIA) für den B.Sc. Angewandte Informatik</p> <p><b>Wahlpflichtmodul (ALG) für den M.Sc. Informatik (nicht mehr ab Studienbeginn WS 2014/15)</b></p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik, bioinformatisch-relevante Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Informatik, Vertiefung Algorithmik/TI) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul für das Lehramt Informatik</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Inhalte                                                           | <p>Einführung in Ingenieurmethoden zur korrekten und effizienten Implementierung von kombinatorischen und numerischen Algorithmen.</p> <p>Einführung in die Verwendung von Werkzeugen für Profiling, Debugging, Versionskontrolle und Dokumentation.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <p>Befähigung zur korrekten und effizienten Implementierung von kombinatorischen und numerischen Algorithmen.</p> <p>Befähigung zur effektiven Verwendung von Werkzeugen für Profiling, Debugging, Versionskontrolle und Dokumentation.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | Werden zu Modulbeginn festgelegt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

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

| Modul <b>FMI-IN0125</b> Automatisches Differenzieren                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                                   | FMI-IN0125                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modultitel (deutsch)                                                        | Automatisches Differenzieren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Modultitel (englisch)                                                       | Automatic Differentiation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modul-Verantwortliche/r                                                     | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                   | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• FMI –IN0070 (Grundlagen der Modellierung und Programmierung)</li> <li>• FMI–MA0017 (Grundlagen der Analysis)</li> <li>• Kenntnisse der Programmiersprache MATLAB</li> </ul>                                                                                                                                                  |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                      | Wahlpflichtmodul (TA, PAR) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Bioinformatik (Bereich bioinformatisch relevante Informatik)<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Mathematik (Nebenfach Informatik)<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                               |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                       | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Dauer des Moduls                                                            | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)           | 2VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                              | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                              | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                            | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Selbststudium                                                             | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Inhalte                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation durch exemplarische Anwendungen aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen</li> <li>• graphentheoretische Grundlagen des automatischen Differenzierens</li> <li>• Vorwärts- und Rückwärtsmodus</li> <li>• Ausnutzung von Dünnbesetztheit</li> <li>• ausgewählte Systeme zur Programmtransformation</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-IN0126</b> Hochleistungsrechnen                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0126                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modultitel (deutsch)                                              | Hochleistungsrechnen                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modultitel (englisch)                                             | High-Performance Computing                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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)            | Wahlpflichtmodul (PAR) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Bioinformatik (Bereich bioinformatisch relevante Informatik)<br>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Mathematik (Nebenfach Informatik)<br>Wahlpflichtmodul (INF) für den M.Sc. Computational and Data Science                                       |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parallele Rechnerarchitekturen</li> <li>• Datenlokalität in tiefen Speicherhierarchien</li> <li>• Prinzipien des parallelen Algorithmenentwurfs</li> <li>• graphbasierte Methoden zur parallelen Lösung von linearen Gleichungssystemen</li> <li>• Partitionierungsmethoden</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <p>Die Studierenden kennen den genauen Aufbau moderner Parallelrechner sowie die grundlegenden Entwurfsmethoden für datenlokale serielle und parallele Algorithmen.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, graphbasierte Methoden zur Lösung linearer Systeme und zur Partitionierung einzusetzen.</p>                       |
| 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 <b>FMI-IN0129</b> Parallele Algorithmen                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0129                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modultitel (deutsch)                                              | Parallele Algorithmen                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Modultitel (englisch)                                             | Parallel Algorithms                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-IN0001 Algorithmen und Datenstrukturen                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (PAR) für den M.Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (bioinformatisch relevante Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Informatik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipien des parallelen Algorithmenentwurfs</li> <li>• Parallele Algorithmen für ausgewählte Problemklassen wie beispielsweise Methoden zur Lösung von großen linearen Gleichungssystemen</li> </ul>                                                             |
| 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 <b>FMI-IN0136</b> Parallel Computing I                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                                                                  | FMI-IN0136                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modultitel (deutsch)                                                                                       | Parallel Computing I                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modultitel (englisch)                                                                                      | Parallel Computing I                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modul-Verantwortliche/r                                                                                    | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                                                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                                                                    | Kenntnisse in einer höheren Programmiersprache                                                                                                                                                                                                                                            |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                                                     | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (PAR, TI) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Parallele und Eingebettete Systeme/Paralleles Rechnen) für das Lehramt Informatik Gymnasium                                                         |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 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                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Konzepte der Parallelverarbeitung</li> <li>• Parallelrechnerarchitekturen</li> <li>• Parallel Programmierparadigmen</li> <li>• Programmierung von verteiltem Speicher</li> <li>• Programmierung von gemeinsamem Speicher</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von unterschiedlichen parallelen Programmier- paradigmten für gemeinsamen und verteilten Speicher</li> <li>• Erwerb der Fähigkeit, zwischen verschiedenen parallelen Programmierparadigmen auszuwählen</li> </ul>                       |
| 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 Parallel Computing. A. Grama, G. Karypis, V.Kumar. A. Gupta, Addison-Wesley, 2003.
- Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming. B. Chapman, G. Jost, R. van der Paas. MIT Press, 2007.
- Parallel Programming with MPI. P. Pacheco, Morgan Kaufmann, 1996.

| Modul <b>FMI-IN0137</b> Parallel Computing II                     |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0137                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Modultitel (deutsch)                                              | Parallel Computing II                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Modultitel (englisch)                                             | Parallel Computing II                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | Kenntnisse in einer höheren Programmiersprache                                                                                                                                                                                                                           |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (PAR, TI) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Parallele und Eingebettete Systeme/Paralles Rechnen) für das Lehramt Informatik Gymnasium                                          |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Konzepte der Parallelverarbeitung</li> <li>• Programmierung von Grafikkarten</li> <li>• Parallele Entwurfsmuster</li> <li>• Ausgewählte parallele Algorithmen</li> </ul>                                           |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur heterogenen Programmierung</li> <li>• Kenntnis von parallelen Entwurfsmustern und deren Anwendung in ausgewählten Beispielen</li> <li>• Verständnis von Prinzipien des Entwurfs paralleler Algorithmen</li> </ul> |
| 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 Parallel Computing. A. Grama, G. Karypis, V. Kumar. A. Gupta, Addison-Wesley, 2003.
- Patterns for Parallel Programming. T. G. Mattson, B. A. Sanders, B. L. Massingill, Addison-Wesley, 2013.
- Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation. M. McCool, J. Reinders, A. Robinson, Morgan Kaufmann, 2012.

| Modul <b>FMI-IN0138</b> Visualisierung - 5 LP                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0138                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Modultitel (deutsch)                                              | Visualisierung - 5 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modultitel (englisch)                                             | Vizualisation - 5 BP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Martin Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den MSc Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 5 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 150 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 45 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Selbststudium                                                   | 105 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Inhalte                                                           | Kann in einer anderen Hochschule gehört werden.<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wissenschaftliche Visualisierung:</b> Techniken zur Visualisierung von volumetrischen und vektoriellen Simulations- und Messdaten</li> <li>• <b>Informationsvisualisierung:</b> Techniken zur Darstellung von multi-dimensionalen und hierarchischen Daten, Graphen, Zeitreihen, kartographischen und kategorischen</li> </ul>                                                    |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen der grundlegenden Prinzipien von wissenschaftlicher Visualisierung und Informationsvisualisierung</li> <li>• Erlernen der Vielfalt von existierenden Techniken und Systemen zur wissenschaftlichen Visualisierung und Informationsvisualisierung</li> <li>• Entwicklung von Fähigkeiten zur kritischen Einschätzung bzw. Auswahl von unterschiedlichen Visualisierungs-techniken für eine gegebene Aufgabenstellung</li> </ul> |
| 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.
- Information Visualization. R. Spence, ACM Press Books, 2007.
- Envisioning Information. Edward Tufte, Graphics Press, 1990.
- Now you see it: Simple Visualization Techniques for Quantitative Analysis. Stephen Few, Analytics Press, 2009

| Modul <b>FMI-IN0139</b> 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 Bucker                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                                                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                                                                    | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                                                     | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (Vertiefung Technische Informatik) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den MSc Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik                                                                                                                                                                                                               |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 2VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 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                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtprozess der Modellierung, Simulation, Implementierung, Analyse von naturwissenschaftlich- technischen Prozessen anhand ausgewählter Beispiele</li> <li>• Gesamtprozess der Datenexploration anhand ausgewählter Beispiele</li> <li>• Ausgewählte Werkzeuge in Computational Science and Data Science wie beispielsweise Make, Revisionskontrolle, Reproduzierbarkeit oder Skript-Sprachen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen des Ablaufs eines Gesamtprozesses in Computational and Data Science</li> <li>• Entwicklung der Fähigkeit, für eine gegebene Problemstellung adäquate Werkzeuge auszuwählen und anzuwenden</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| 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.
- Writing Scientific Software: A Guide to Good Style, S. Oliveira and D. Stewart, Cambridge University Press, 2006.

| Modul <b>FMI-IN0140</b> 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)            | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (SWS,KSS) für den MSc Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Informatik) für den MSc Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den MSc Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik<br>Wahlpflichtmodul (Software- und Informationssysteme) für das Lehramt Informatik Regelschule                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Inhalte                                                           | <p>The course follows the data lifecycle and explores challenges, solutions and open problems of the individual steps, including:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• Cross-cutting topics covered include: Metadata standards and ontologies, scientific workflowmanagement, persistent identifiers for data, data provenance and versioning.</li> </ul> <p>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</p> |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• The students know the stages of the data life cycle.</li><li>• They have gained experience with typical tools supporting the individual steps.</li><li>• They are able to plan and perform data management for scientific projects of different sizes.</li></ul> |
| 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 <b>FMI-IN0141</b> Big Data                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0141                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Modultitel (deutsch)                                              | Big Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modultitel (englisch)                                             | Big Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Martin BÜcker, David Neuhäuser                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (PAR, TI) für den M.Sc. Informatik                                                                                                                                                                                                                     |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition und Einordnung des Begriffes „Big Data“</li> <li>• Problemstellungen, die zu großen Datenmengen führen</li> <li>• Algorithmen auf großen Datenmengen (z.B. MapReduce)</li> <li>• Frameworks für Big Data</li> </ul>                                                              |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | Der Student ist in der Lage, Problemstellungen mit großen Datenmengen zu identifizieren, Lösungsalgorithmen zu entwerfen und diese in entsprechenden Frameworks zu implementieren                                                                                                                                                    |
| 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                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mining of Massive Datasets, Anand Rajaraman and Jeffrey D. Ullman, Cambridge University Press</li> <li>• Hadoop: The Definitive Guide, Tom White, O'Reilly Media</li> <li>• Agile Data Science: Building Data Analytics Applications with Hadoop, Russell Jurney, O'Reilly Media</li> </ul> |

| Modul <b>FMI-IN0142</b> 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 Bückner, 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)            | Wahlpflichtmodul 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, ...) | 2S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Inhalte                                                           | Weiterführende Themen aus dem Bereich Computational and Data Science mit wechselnder, aktueller Themenauswahl                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte, selbstständige Erarbeitung einer Problemstellung</li> <li>• Beherrschung wissenschaftlicher Literaturrecherche</li> <li>• Schriftliche Präsentation eines wissenschaftlichen Gegenstandes</li> <li>• Kompetenz in öffentlichen Vorträgen</li> <li>• Erfahren aktueller Probleme in der Forschung</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-IN0143</b> 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)            | Pflichtmodul für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                       |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                      |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2VÜ                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                            |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                            |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                 |
| 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 <b>FMI-IN0147</b> Informationstheorie                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN0147                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Modultitel (deutsch)                                              | Informationstheorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modultitel (englisch)                                             | Information Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Christian Deppe, Ingo Althöfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | Wahrscheinlichkeitsrechnung und Stochastische Prozesse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (TIA, ALG) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Bereich Informatik) für den M.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Bereich Angewandte Mathematik, Vertiefung Algorithmen/Theoretische Informatik) für den M.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (INF) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                        |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Inhalte                                                           | Die Vorlesung ist eine Einführung in die klassische Informationstheorie. Es werden die Themen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellenkodierung</li> <li>• Kanalkodierung</li> <li>• und Ratenverzerrung</li> </ul> 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                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis des Informationsbegriffs</li> <li>• Kenntnis der Modelle und Methoden der Informationstheorie</li> <li>• Verständnis praktisch relevanter Quellen- und Kanalcodierungsverfahren.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 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.  
Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, Elements of Information Theory, New York, Wiley, 1991.

| Modul <b>FMI-IN2000</b> Datenbanken und Informationssysteme       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-IN2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Modultitel (deutsch)                                              | Datenbanken und Informationssysteme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Modultitel (englisch)                                             | Database and Information Systems                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Prof. Dr. Klaus Küspert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Pflichtmodul (Data Science) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3V + 1Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenbankkenntnisse und Kenntnisse ihrer Anwendungen und deren Charakteristika werden vermittelt, in den Übungen werden teils auch praktische Aufgaben (Datenbankeinsatz) bearbeitet.</li> <li>• Zu den Themen der Lehrveranstaltung gehören, nach Motivation und Zielsetzung bei Datenbankverwendung, auch Grundlagen von Datenbankarchitekturen (Ebenen-Modelle), Grundlagen der Datenmodellierung und Datenbankmodellierung sowie insbesondere Datenbanksprachen (SQL, Relationenalgebra, Relationenkalkül, auch nichtrelationale Modelle und Sprachen zur Einordnung und Abgrenzung).</li> <li>• Realisierungs- und Performance-Aspekte werden aufgrund ihrer Wichtigkeit ebenfalls nicht vernachlässigt.</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis der vorgestellten Konzepte</li> <li>• grundlegende Fähigkeit, Datenmodellierung zu betreiben, Umsetzungen auf konkrete Datenbank-Management-Systeme vorzunehmen, Datenbanken somit zu entwerfen und zu nutzen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Klausur oder mündliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| Modul <b>FMI-MA0007</b> 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)               | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                            |
| 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 und 1 SWS Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                       | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                       | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                     | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Selbststudium                                                      | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufallsexperimente, Wahrscheinlichkeitsräume,</li> <li>• Verteilungsfunktionen, Verteilungsdichten, Binominalverteilung,</li> <li>• Poissonverteilung, Geometrische Verteilung, Gleichverteilung,</li> <li>• Normalverteilung, Exponentialverteilung</li> <li>• Unabhängigkeit von Zufallsgrößen, Momente</li> <li>• Schwaches Gesetz der großen Zahlen</li> <li>• Zentraler Grenzwertsatz</li> <li>• Markowketten</li> </ul> |
| 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 oder mündliche Prüfung je nach Festlegung des Vorlesenden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Modul <b>FMI-MA0017</b> 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)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                              |
| 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, 2 SWS Übung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h<br>- Präsenzstunden 120 h<br>- Selbststudium 60 h<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konvergenz von Folgen und Reihen</li> <li>• Funktionen einer Variablen: Grenzwerte, Stetigkeit, Ableitung, Taylorentwicklung, Extremwerte, Integralrechnung</li> <li>• Potenzreihen, elementare Funktionen</li> <li>• Funktionen mehrerer Variabler: partielle Ableitung, Extremwerte</li> <li>• Beispiele linearer und nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen</li> <li>• Fourier-Reihen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen von Grundbegriffen der Analysis</li> <li>• Einführung in die analytische Denkweise</li> <li>• Erlernen praktischer Fähigkeiten im Umgang mit dem Kalkül</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 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 <b>FMI-MA0022</b> Lineare Algebra                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                                                                  | FMI-MA0022                                                                                                                                                                                                                  |
| Modultitel (deutsch)                                                                                       | Lineare Algebra                                                                                                                                                                                                             |
| Modultitel (englisch)                                                                                      | Linear Algebra                                                                                                                                                                                                              |
| Modul-Verantwortliche/r                                                                                    | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                                                  | keine                                                                                                                                                                                                                       |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                                                     | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für dne B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                       |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 3V+1Ü                                                                                                                                                                                                                       |
| 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                                                           | keine                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)                                          | Klausur (120 Min.) oder mdl. Prüfung zur Vorlesung, je nach Teilnehmerzahl                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                                                                       | nach Empfehlung der Dozenten                                                                                                                                                                                                |

| Modul <b>FMI-MA0028</b> Numerische Mathematik - 3 LP              |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0028                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Modultitel (deutsch)                                              | Numerische Mathematik - 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Modultitel (englisch)                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Gerhard Zumbusch (Vertretung: Martin Hermann)                                                                                                                                                                                                                                         |
| 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)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Angewandte Informatik<br>Pflichtmodul für den B.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science<br><br><b>wird ab SoSe 2016 nicht mehr angeboten</b>      |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 1 V + 1 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Inhalte                                                           | Zahlendarstellung im Rechner, Computerarithmetik und Rundungsfehler, Interpolation, lineare Gleichungssysteme, eindimensionale nichtlineare Gleichungen                                                                                                                               |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Einführung in die grundlegenden Konzepte der Numerischen Mathematik</li> <li>· Numerische Grundverfahren aus der Linearen Algebra und Analysis</li> <li>· Implementierung der Verfahren</li> <li>· Benutzung numerischer Software</li> </ul> |
| 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                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Modul <b>FMI-MA0101</b> Algebra 1                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0101                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Modultitel (deutsch)                                              | Algebra 1                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modultitel (englisch)                                             | Algebra 1                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Algebra) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik/Informatik/Wiwi) für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                 |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | alle 2 Jahre (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algebraische Strukturen (Gruppen, Ringe, Körper, Moduln),</li> <li>• Galoistheorie und geometrische Konstruktionen</li> </ul>                                                                                                        |
| 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                                                                                                                                                                                                                                           |
| Empfohlene Literatur                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten</li> <li>• Jörg Bewersdorff: Algebra für Einsteiger. Vieweg, Wiesbaden 2007.</li> <li>• Falko Lorenz: Einführung in die Algebra. 3. Aufl., Spektrum Akad. Verl., Heidelberg 1999.</li> </ul> |

| Modul <b>FMI-MA0104</b> Codierungstheorie- 9 LP                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0104                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modultitel (deutsch)                                              | Codierungstheorie- 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modultitel (englisch)                                             | Coding Theory with Exercises - 9 CP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-MA0101 Algebra 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Algebra) für den B. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik) für den M. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | <p>270 h</p> <p>- Präsenzstunden 90 h</p> <p>- Selbststudium 180 h</p> <p>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algebraische Grundlagen, Hamming-Abstand und Gewichtsverteilung</li> <li>• Schranken für die Güte von Codes, Hamming- und Golay-Codes, zyklische Codes, BCH- und QR-Codes, Reed-Muller und Reed-Solomon-Codes</li> <li>• die Mathematik der CD, Decodierungsalgorithmen, Anwendungen algebraisch-geometrischer Methoden</li> </ul>                                 |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von modernen Methoden der Theorie der Codierungstheorie und deren Anwendungen</li> <li>• Die Fähigkeit, die bisher gelernten algebraischen Methoden in einem interdisziplinären Kontext (Datenübertragung) anwenden zu können</li> </ul>                                                                                                                  |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**Empfohlene Literatur**

- Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten
- Wolfgang Willems: Codierungstheorie. de Gruyter, Berlin 1999.

| Modul <b>FMI-MA0144</b> Codierungstheorie - 6 LP                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0144                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modultitel (deutsch)                                              | Codierungstheorie - 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modultitel (englisch)                                             | Coding Theory                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-MA0101 Algebra 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul für den B. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Algebra) für das Lehramt Mathematik Gymnasium</p> <p>Wahlpflichtmodul (Algebra) für das Lehramt Mathematik Regelschule</p> <p>Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Doppelwahlpflichtfach Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algebraische Grundlagen, Hamming-Abstand und Gewichtsverteilung</li> <li>• Schranken für die Güte von Codes, Hamming- und Golay-Codes, zyklische Codes, BCH- und QR-Codes, Reed-Muller und Reed-Solomon-Codes</li> <li>• die Mathematik der CD, Decodierungsalgorithmen, Anwendungen algebraisch-geometrischer Methoden</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von modernen Methoden der Theorie der Codierungstheorie und deren Anwendungen</li> <li>• Die Fähigkeit, die bisher gelernten algebraischen Methoden in einem interdisziplinären Kontext (Datenübertragung) anwenden zu können</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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, alle 2 Jahre                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Lehrbücher nach Empfehlung des Dozenten</li><li>• Wolfgang Willems: Codierungstheorie. de Gruyter, Berlin 1999</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA0202</b> Analysis 2                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0202                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modultitel (deutsch)                                              | Analysis 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modultitel (englisch)                                             | Analysis II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Daniel Lenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-MA0201 Analysis 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topologische Grundbegriffe</li> <li>• Differentiation im Mehrdimensionalen: partielle Ableitungen, differenzierbare Abbildungen, Extrema, Auflösungsätze, Diffeomorphismen</li> <li>• Integration im Mehrdimensionalen, n-dim. Riemannintegral, Berechnung durch Iteration und Transformation,</li> <li>• Kurvenintegrale</li> </ul>                                                             |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul umfaßt die Grundlagen der Analysis und ist daher für das Mathematikstudium insgesamt von großer Bedeutung.</li> <li>• Vertrautmachen mit den grundlegenden Begriffsbildungen der Analysis</li> <li>• Erlernen der typischen Beweismethoden</li> <li>• Entwicklung der analytischen Denkweise</li> <li>• Aneignung solider praktischer Fertigkeiten im Umgang mit dem Kalkül</li> </ul> |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | Bei mündlicher Prüfung: Bestehen eines Testats zu den Übungen als Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche oder schriftliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Empfohlene Literatur**

- Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten
- O. Förster: Analysis 1+2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden
- H. Heuser: Lehrbuch der Analysis, Teile 1+2, Vieweg+Teubner, Wiesbaden

| Modul <b>FMI-MA0203</b> Analysis 3                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0203                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modultitel (deutsch)                                              | Analysis 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modultitel (englisch)                                             | Analysis 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Daniel Lenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik/Informatik/WiWi) für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                          |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberflächenintegrale, Integralsätze, Vektoranalysis - Potentialtheorie, Laplace-Poisson-Gleichung, Dirichlet- und Neumannproblem</li> <li>• Cauchyprobleme: Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung, explizite Lösungsformeln</li> <li>• Elemente der Fourieranalysis</li> <li>• Separationsansätze</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Theorie partieller Differentialgleichungen</li> <li>• Festigung und Erweiterung der in den Modulen Analysis 1 und 2 erlernten analytischen Grundlagen, Darstellung von Anwendungen aus Physik und Technik</li> </ul>                                                                         |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | bei mündlicher Prüfung: Bestehen eines Testats zu den Übungen als Voraussetzung zur Zulassung zur Prüfung                                                                                                                                                                                                                                               |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche oder schriftliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Empfohlene Literatur**

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

| Modul <b>FMI-MA0204</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Numerische Mathematik/WR oder Analysis) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                        |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approximationssätze von Weierstraß</li> <li>• Approximation in Hilberträumen und in <math>C([a,b])</math></li> <li>• Algebraische und trigonometrische Polynome, Splines</li> <li>• Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ</li> <li>• Quantitative Fragen der Approximierbarkeit (Approximationszahlen, Kolmogorovzahlen)</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Approximationstheorie</li> <li>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> <li>• Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul>                                                                                                                                     |
| 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.
- Ronald A. DeVore, George G. Lorentz: Constructive approximation. Springer, Berlin, 1993.
- Manfred W. Müller: Approximationstheorie. Akad. Verl.-Gesel., Wiesbaden 1978.
- Allan Pinkus: n-widths in approximation theory. Springer, Berlin u.a., 1985.
- Arnold Schönhage: Approximationstheorie. de Gruyter, Berlin u.a. 1971.

| Modul <b>FMI-MA0207</b> Höhere Analysis 1                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0207                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Modultitel (deutsch)                                              | Höhere Analysis 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Modultitel (englisch)                                             | Higher Analysis I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | David Hasler, Daniel Lenz, Erich Novak, Tobias Oertel-Jäger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | <b>B.Sc. Mathematik:</b> FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br><b>M.Sc. Wirtschaftsmathematik:</b> keine<br><b>B.Sc. Physik :</b> keine                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | Kenntnisse in Maß- und Integrationstheorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) für den B. Sc. Physik<br>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                             |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normierte Räume</li> <li>• Funktionale und Operatoren</li> <li>• Der Satz von Hahn-Banach</li> <li>• Die Hauptsätze für Operatoren auf Banachräumen</li> <li>• Operatoren in Hilberträumen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                    |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Es wird Basiswissen für weiterführende Studien in der Analysis, der Numerischen Mathematik und der wiss. Rechnens, der Optimierung und der Stochastik erworben.</li> </ul> |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung oder Klausur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Dirk Werner: Funktionalanalysis. 5. erw. Aufl., Springer, Berlin 2005.</li><li>• Dirk Werner: Einführung in die höhere Analysis. Springer, Berlin 2006.</li><li>• Hans Triebel: Higher Analysis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1992.</li><li>• Friedrich Hirzebruch, Winfried Scharlau: Einführung in die Funktionsanalysis. Bibliogr. Inst., Mannheim 1971.</li><li>• Jürgen Appell, Martin Väth: Elemente der Funktionalanalysis. Vieweg, Wiesbaden 2005.</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA0208</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis oder Numische Mathematik/Wiss. Rechnen) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                               |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approximationssätze von Weierstraß</li> <li>- Approximation in Hilberträumen und in <math>C([a,b])</math></li> <li>- Algebraische und trigonometrische Polynome, Splines</li> <li>- Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ</li> <li>- Quantitative Fragen der Approximierbarkeit (Approximationszahlen, Kolmogorovzahlen)</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Approximationstheorie</li> <li>- Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> <li>- Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul>                                                                                                                                     |
| 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.
- Ronald A. DeVore, George G. Lorentz: Constructive approximation. Springer, Berlin, 1993.
- Manfred W. Müller: Approximationstheorie. Akad. Verl.-Gesel., Wiesbaden 1978.
- Allan Pinkus: n-widths in approximation theory. Springer, Berlin u.a., 1985.
- Arnold Schönhage: Approximationstheorie. de Gruyter, Berlin u.a. 1971.

| Modul <b>FMI-MA0244</b> 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                         | <b>LG Mathematik:</b> Analysis 1 (FMI-MA3009)+2 (FMI-MA3010), Lineare Algebra und analytische Geometrie 1 (FMI-MA3023)<br><b>Weitere Studiengänge:</b> keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | <b>BSc Mathematik und Wirtschaftsmathematik:</b> FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br><b>BSc Informatik:</b> FMI-MA0017 Grundlagen der Analysis und FMI-MA0022 Lineare Algebra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik/Informatik/Wiwi) für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den B. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) für den B. Sc. Physik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik, Nebenfach Mathematik) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Bioinformatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul Mathematik) für den M. Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (Analysis) Lehramt Mathematik Gymnasium<br>Wahlpflichtmodul für den B.A. Ergänzungsfach Mathematik |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrierbare Typen 1. und 2. Ordnung</li> <li>• Lineare Systeme mit konstanten Koeffizienten 1. Ordnung</li> <li>• Lineare Differentialgleichungen n-ter Ordnung mit konstanten Koeffizienten</li> <li>• Existenz- und Unitätssätze für Anfangswertprobleme</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Differentialgleichungen als einen wichtigen Bereich der Analysis auffassen</li> <li>• Sie erkennen einige wichtige Klassen von Differentialgleichungen, die für Anwendungen (z.B. in der Physik), relevant sind und lernen Lösungsmethoden kennen.</li> <li>• Sie sind imstande, diese Techniken auf Problemstellungen anzuwenden.</li> </ul> |
| 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusätzliche Informationen zum Modul                               | <b>MLG:</b> Das Modul könnte in die Berechnung der Endnote aufgenommen werden, denn 3 von 4 Wahlpflichtmodulen sind notenrelevant. Von den vier Wahlvertiefungsmodulen sind die Module mit dem besten Ergebnis notenrelevant.                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                              | Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Modul <b>FMI-MA0288</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine oder Angewandte Mathematik, Vertiefung Analysis) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                    |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften der Fouriertransformation</li> <li>• Auflösungsskalen und Wavelets</li> <li>• Wavelets mit kompaktem Träger</li> <li>• Zerlegungs- und Rekonstruktionsalgorithmen</li> </ul>                                                                                                                 |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Theorie der Wavelets im Hinblick auf die numerische Behandlung von partiellen Differentialgleichungen und Anwendungen in der Signaltheorie</li> <li>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> <li>• Erwerb berufsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-MA0302</b> Algebra/Geometrie 2                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA0302                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Modultitel (deutsch)                                              | Algebra/Geometrie 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Modultitel (englisch)                                             | Algebra/Geometry 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | Kenntnisse im Umfang der Vorlesung Algebra/Geometrie 1 werden vorausgesetzt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilineaerformen, Quadriken</li> <li>• Algebraische Strukturen (Gruppen und Ringe)</li> <li>• Normalformen von Matrizen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Modul umfasst die Grundlagen der Linearen Algebra und Analytischen Geometrie und ist daher für das Mathematikstudium insgesamt von großer Bedeutung.</li> <li>• Kennenlernen der grundlegenden algebraischen und geometrischen Begriffsbildungen</li> <li>• Entwicklung des Denkens in abstrakten Strukturen und Vertiefung der geometrischen Anschauung</li> <li>• Bekanntmachen mit dem axiomatisch deduktiven Aufbau mathematischer Theorien</li> <li>• Aneignung solider praktischer Fertigkeiten im Umgang mit dem Kalkül</li> </ul> |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | aktive Teilnahme an den Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | schriftliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

**Empfohlene Literatur**

- Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten
- Bertram Huppert, Wolfgang Willems: Lineare Algebra. Teubner Wiesbaden 2006.

| Modul <b>FMI-MA0406</b> 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                         | <b>BSc Mathematik:</b> FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br><b>BSc Physik:</b> keine<br><b>MSc Wima:</b> keine                                                                                                                                                                   |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2<br><b>B.Sc. Physik :</b> FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Lineare Algebra und Analytische Geometrie                                                                                                                                                                  |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Geometrie) für den BSc Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) für den BSc Physik<br>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den MSc Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                  |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h<br>- Präsenzstunden 90 h<br>- Selbststudium 180 h<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum</li> <li>• Lokale Theorie von a Flächen in <math>\mathbb{R}^3</math></li> <li>• Theorema Egregium von Gauss</li> <li>• Geodätische, Satz von Hopf-Rinow</li> <li>• Minimalflächen</li> <li>• Globale Theorie von Flächen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen</li> <li>• Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit</li> </ul>                                                                                                                                       |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | aktive Mitarbeit in den Übungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | mündliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zusätzliche Informationen zum Modul |                                                                                                                                                                                                                |
| Empfohlene Literatur                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten</li><li>• Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999.</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA0446</b> 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                         | <b>BSc Mathematik:</b> FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br><b>BSc Physik:</b> FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Algebra/Geometrie 1<br><b>MSc Wima:</b> keine                                                                                         |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul für den BSc Mathematik<br>Wahlpflichtmodul für den BSc Physik<br>Wahlpflichtmodul für den MSc Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den MSc Computational and Data Science                                                                                                               |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3 V + 1 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h<br>- Präsenzstunden 60 h<br>- Selbststudium 120 h<br>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum</li> <li>• Lokale Theorie von a Flächen in <math>\mathbb{R}^3</math></li> <li>• Theorema Egregium von Gauss</li> <li>• Geodätische, Satz von Hopf-Rinow</li> <li>• Minimalflächen</li> <li>• Globale Theorie von Flächen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen</li> <li>• Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit</li> </ul>                                                                                                                                       |
| 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
- Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999.

| Modul <b>FMI-MA0500</b> 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                                                                                    | Erich Novak, Gerhard Zumbusch                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                                                  | <b>BSc Mathematik/Wima:</b> FMI-MA0201 Analysis 1, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1<br><b>MSc Comp. and Data Science:</b> nach Rücksprache mit dem Dozenten                                                                                                                                                                                 |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                                                                    | FMI-MA0202 Analysis 2, Kenntnis einer Programmiersprache                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                                                     | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                         |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 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                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe, Kondition, Stabilität, Rundungsfehler</li> <li>• Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Nichtlineare Gleichungssysteme</li> <li>• Interpolation, Approximation, Ausgleichsrechnung</li> <li>• Numerische Integration</li> </ul>                                                     |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Numerische Mathematik</li> <li>• Beherrschung der Grundverfahren aus der linearen Algebra und Analysis</li> <li>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen</li> <li>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-MA0520</b> 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                                           | Erich Novak, 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)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerische Mathematik/Wiss. Rechnen) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Bereich Mathematik/Informatik/Wiwi) für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den B. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifikation partieller Differentialgleichung</li> <li>• Finite Differenzen mit Konvergenz</li> <li>• Lösung für Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Variationsformulierung, schwache Lösungen</li> <li>• Finite Elemente mit Konvergenz</li> </ul>                                                                                                                                                  |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschen der Konzepte der Finiten Differenzen und Finite Elemente Diskretisierung für elliptische Probleme</li> <li>• Kenntnis von Fehlerabschätzung</li> <li>• Fähigkeit zur Implementierung der numerischen Algorithmen</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
| 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
- S. Larsson, V. Thomeé: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, Berlin, 2005

| Modul <b>FMI-MA0521</b> 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                                           | Erich Novak, 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)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerische Mathematik/Wiss. Rechnen) für den B. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Bereich Mathematik/Informatik/Wiwi) für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den B. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul Mathematik) für M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | alle 2 Jahre (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3V + 1Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifikation partieller Differentialgleichung</li> <li>• Finite Differenzen</li> <li>• Lösung für Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Variationsformulierung, schwache Lösungen</li> <li>• Finite Elemente</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen der Konzepte der Finiten Differenzen und Finite Elemente</li> <li>• Diskretisierung für elliptische Probleme</li> <li>• Lösung der linearen Gleichungssysteme</li> <li>• Implementierung und Anwendung der numerischen Algorithmen</li> </ul>                                                                                                                                                        |
| 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                | <ul style="list-style-type: none"><li>• M. Jung u. U. Langer: Methode der finiten Elemente für Ingenieure, Teubner, Stuttgart, 2001</li><li>• S. Larsson, V. Thomeé: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, Berlin, 2005</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA0550</b> 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                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysis 2 und 3 (FMI-MA0202 und FMI-MA0203)</li> <li>• Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen (FMI-MA0550)</li> <li>• Kenntnisse aus der Stochastik</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (Stochastik, Sonstige Mathematik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Angewandte Mathematik, Vertiefung: Num. Math./Wiss. Rechnen, Stochastik) für den M. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V+2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Simulation</li> <li>• Zufallszahlen</li> <li>• Berechnung hochdimensionaler Integrale</li> <li>• Markov Chain Monte Carlo</li> <li>• Metropolis-Algorithmus</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |
| 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 <b>FMI-MA0551</b> 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                                           | Erich Novak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | <p>M. Sc. Mathematik und Wirtschaftsmathematik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FMI-MA0202 Analysis 2 und FMI-MA0203 Analysis 3</li> <li>• FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das Wissenschaftliche Rechnen</li> <li>• Kenntnisse aus der Stochastik</li> </ul> <p>M. Sc. Informatik und Computational Science</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichbare Kenntnisse</li> </ul> |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | <p>Wahlpflichtmodul (Reine oder Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerik/Wiss. Rechnen oder Stochastik) für den M. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Stochastik, Sonstige Mathematik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M. Sc. Computational and Data Science</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik, Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik</p>                    |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Simulation</li> <li>• Zufallszahlen</li> <li>• Berechnung hochdimensionaler Integrale</li> <li>• Markov Chain Monte Carlo</li> <li>• Metropolis-Algorithmus</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |
| 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 <b>FMI-MA0572</b> 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 Science: FMI-MA0800 Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen                                                                                                                                                           |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                      | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Num. Mathematik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M. Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                               |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                       | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer des Moduls                                                            | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)           | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                              | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                              | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                            | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| - Selbststudium                                                             | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Ansätze im Ort mit Finiten Differenzen, Finiten Volumen</li> <li>• Verschiedene Zeitintegrationsverfahren einschließlich Charakteristikenverfahren</li> <li>• Spezielle Lösungsverfahren für lineare Wellengleichungen</li> <li>• Begriff der Entropielösung und Konvergenzabschätzungen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung grundlegender Kompetenz linearer und nichtlinearer Wellengleichungen</li> <li>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen</li> <li>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software</li> </ul>                                                        |
| 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.

D. Kröner: Numerical Schemes for Conservation Laws, Vieweg +Teubner, 1997

R. J. LeVeque: Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge Univ. Press, 2002.

| Modul <b>FMI-MA0601</b> 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)            | Pflichtmodul für den B.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Optimierung) für den B.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul im B.A. Ergänzungsfach Mathematik<br>Wahlpflichtmodul für das Nebenfach Mathematik im B.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für das Nebenfach Mathematik im M.Sc. Informatik (wenn nicht bereits im Bachelor belegt)<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• theoretische Grundlagen der linearen Optimierung</li> <li>• Dualitätstheorie</li> <li>• Simplex-Verfahren</li> <li>• Innere-Punkte-Verfahren</li> <li>• Umgang mit Optimierungssoftware</li> <li>• Implementierung des Simplex-Verfahrens</li> <li>• Anwendung der linearen Optimierung</li> </ul>                                                                                                                                 |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die mathematische Optimierung mit Schwerpunkt auf der linearen Optimierung</li> <li>• Implementierung und Anwendung von Verfahren der linearen Optimierung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• I. M. Bomze u. W. Grossmann: Optimierung Theorie und Algorithmen, BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1993</li><li>• M. C. Ferris, O. L. Mangasarian u. S. J. Wright: Linear Programming with MATLAB, SIAM, Philadelphia PA, 2007</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA0701</b> 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, Bernd 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)                                            | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nivellierungsmodul) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Dauer des Moduls                                                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                 | 4 V + 2 Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufallsexperimente, Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsgrößen</li> <li>• Verteilungsfunktionen, Verteilungsdichten, Binomialverteilung, Poissonverteilung, geometrische Verteilung, Normalverteilung, Exponentialverteilung</li> <li>• Unabhängigkeit von Ereignissen und Zufallsgrößen, elementare bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte</li> <li>• Momente, schwaches und starkes Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz</li> <li>• Einführung in die Mathematische Statistik, Punkt- und Bereichsschätzungen, Grundbegriffe der Testtheorie</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Hörer haben viele grundlegende Konzepte der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Mathematischen Statistik kennengelernt.</li> <li>• Sie sind vertraut mit den wichtigsten Fragestellungen und einigen elementaren Methoden, und können diese auch erfolgreich auf Problemstellungen anwenden.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 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 <b>FMI-MA0741</b> 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>B.Sc. Mathematik, Wirtschaftsmathematik:</b><br>FMI-MA0701 Stochastik 1<br><b>B.Sc. Informatik, Bioinformatik:</b><br>FMI-MA0017 Grundlagen der Analysis<br>FMI-MA0022 Lineare Algebra<br>FMI-MA0007 Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie<br><b>M.Sc.</b><br>keine                                                                                                             |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Pflichtmodul für den B. Sc. Mathematik<br>Pflichtmodul für den B. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den B. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik, Nebenfach Mathematik) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Bioinformatik<br>Pflichtmodul (Data Science) 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, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Verfahren der statistischen Datenanalyse</li> <li>• Anwendung dieser Verfahren zur Auswertung von Daten aus verschiedenen Anwendungsgebieten der Stochastik</li> <li>• Benutzung statistischer Standardsoftware</li> </ul>                                                                                                          |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Vertiefung statistischer Denk- und Schlussweisen</li><li>• Kennenlernen der wichtigsten Verfahren zur statistischen Datenanalyse</li><li>• Befähigung zum Umgang mit statistischer Standardsoftware</li><li>• Befähigung zu selbstständiger Auswertung von Datensätzen</li><li>• Forschungsergebnisse angemessen darstellen können</li></ul>                          |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                  | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Projektarbeit in Kleingruppen mit schriftlicher Ausarbeitung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ludwig Fahrmeier, Thomas Kneib, Stefan Lang: Regression: Modelle Methoden und Anwendungen. Springer, Berlin 2007.</li><li>• Yudi Pawitan: In all likelihood: Statistical modelling and inference using likelihood. Clarendon Press, Oxford 2001.</li><li>• Peter McCullagh, John Ashworth Nelder: Generalized linear models. Chapman and Hall, London 1989.</li></ul> |

| Modul <b>FMI-MA1101</b> 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)            | Wahlpflichtmodul für den M.Sc. Computational Science<br>Wahlpflichtmodul für das Nebenfach Mathematik im B. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul für das Nebenfach Mathematik im M. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (MAT) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 3V+1Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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 <b>FMI-MA1103</b> Primzahltests und Faktorisierungsalgorithmen |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                            | FMI-MA1103                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modultitel (deutsch)                                                 | Primzahltests und Faktorisierungsalgorithmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Modultitel (englisch)                                                | Primality tests and algorithms for factorization                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modul-Verantwortliche/r                                              | Burkhard Külshammer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                            | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                              | Algebra 1 FMI-MA0101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)               | Wahlpflichtmodul für den M. Sc. Mathematik (Reine Mathematik, Vertiefung Algebra)<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                    |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dauer des Moduls                                                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)    | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                       | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                       | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Präsenzstunden                                                     | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| - Selbststudium                                                      | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Inhalte                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlentheoretische Grundlagen,</li> <li>• Elliptische Kurven,</li> <li>• Pseudo-Primzahlen und Carmichael-Zahlen,</li> <li>• Deterministische und probabilistische Primzahltests,</li> <li>• Tests für allgemeine und spezielle Primzahlen,</li> <li>• Verschiedene Faktorisierungsmethoden (Pollards Rho, Pollards (p-1), Quadratisches Sieb)</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                        | Kennenlernen der grundlegenden Begriffe und Konzepte, Erwerb von Fähigkeiten zur Lösung von Problemen                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung                     | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)    | schriftliche oder mündliche Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Empfohlene Literatur                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lasse Rempe und Rebecca Waldecker, Primzahltests für Einsteiger, Vieweg + Teubner 2009</li> <li>• Hans Riesel, Prime numbers and computer methods for factorization, Birkhäuser-Verlag 1994</li> <li>• Richard Crandall and Carl Pomerance, Prime numbers: a computational perspective, Springer-Verlag 200</li> </ul>                                    |



| Modul <b>FMI-MA1208</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine oder Angewandte Mathematik, Vertiefung Analysis) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                    |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften der Fouriertransformation</li> <li>• Auflösungsskalen und Wavelets</li> <li>• Wavelets mit kompaktem Träger</li> <li>• Zerlegungs- und Rekonstruktionsalgorithmen</li> <li>• Mehrdimensionale Wavelets</li> <li>• Hölderräume und Wavelets</li> </ul>                                                        |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Theorie der Wavelets im Hinblick auf die numerische Behandlung von partiellen Differentialgleichungen und Anwendungen in der Signaltheorie</li> <li>• Kennenlernen von klassischen und modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> <li>• Erwerb berufs- und forschungsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-MA1215</b> 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)                                                     | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                       |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                                      | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer des Moduls                                                                                           | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                                          | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften des Lebesgue-Integrals</li> <li>schwache Ableitungen</li> <li>Funktionen mit beschränkter Variation und absolutstetige Funktionen</li> <li>Poincare-Ungleichungen</li> <li>Spurprobleme</li> <li>die Poisson-Gleichung</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einführung in die Theorie der Sobolevräume</li> <li>Kennenlernen moderner Regularitätsbegriffe für Funktionen</li> <li>Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul>                                                                  |
| 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 <b>FMI-MA1217</b> Distributionen - 6 LP                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA1217                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Modultitel (deutsch)                                              | Distributionen - 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modultitel (englisch)                                             | Distributions - 6 BP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Dorothee 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)            | Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Testfunktionen - Faltung und Fouriertransformation</li> <li>• Distributionen</li> <li>• Rechenoperationen und Fouriertransformation</li> <li>• Grundlösungen spezieller Differentialgleichungen</li> <li>• Differentialoperatoren mit konstanten Koeffizienten</li> <li>• Satz von Malgrange-Ehrenpreis</li> <li>• Hypoelliptische Differentialoperatoren</li> <li>• Ausbreitung von Singularitäten</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Theorie der Distributionen</li> <li>• Erwerb vertiefter Kenntnisse der Funktionalanalysis</li> <li>• Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| 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.  
Dorothee D. Haroske, Hans Triebel: Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations. European Math. Soc., Zürich 2008.  
Valilij S. Vladimirov: Gleichungen der mathematischen Physik. Dt. Verl. D. Wissenschaften, Berlin 1972.  
Lars Hörmander: The Analysis of Linear Partial Differential Operators. Springer, Berlin.

| Modul <b>FMI-MA1221</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Analysis) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Testfunktionen - Faltung und Fouriertransformation</li> <li>• Distributionen</li> <li>• Rechenoperationen und Fouriertransformation</li> <li>• Grundlösungen spezieller Differentialgleichungen</li> <li>• Differentialoperatoren mit konstanten Koeffizienten</li> <li>• Satz von Malgrange-Ehrenpreis</li> <li>• Hypoelliptische Differentialoperatoren</li> <li>• Ausbreitung von Singularitäten</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Theorie der Distributionen</li> <li>• Erwerb vertiefter Kenntnisse der Funktionalanalysis</li> <li>• Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| 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.  
Dorothee D. Haroske, Hans Triebel: Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations. European Math. Soc., Zürich 2008.  
Valilij S. Vladimirov: Gleichungen der mathematischen Physik. Dt. Verl. D. Wissenschaften, Berlin 1972.  
Lars Hörmander: The Analysis of Linear Partial Differential Operators. Springer, Berlin.

| Modul <b>FMI-MA1401</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Geometrie) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mannigfaltigkeit und Tangentialräume</li> <li>• Tensoren</li> <li>• Riemansche Metriken</li> <li>• Zusammenhang und kovariante Ableitung</li> <li>• Erste und zweite Fundamentalformen</li> <li>• Geodäten und Bewegungsgleichungen</li> <li>• Krümmung, Einführung in allgemeinere Relativitätstheorie</li> <li>• Evtl. Matrizen-Liegruppen und Faserbündel</li> <li>• Feldgleichungen</li> </ul> |
| 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**

Iskander A. Taimanov: Lectures on differential geometry. European Math. Soc., Zürich 2008.

| Modul <b>FMI-MA1441</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik, Vertiefung Geometrie) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mannigfaltigkeit und Tangentialräume</li> <li>• Tensoren</li> <li>• Riemansche Metriken</li> <li>• Zusammenhang und kovariante Ableitung</li> <li>• Erste und zweite Fundamentalformen</li> <li>• Geodäten und Bewegungsgleichungen</li> <li>• Krümmung, Einführung in allgemeinere Relativitätstheorie</li> <li>• Evtl. Matrizen-Liegruppen und Faserbündel</li> <li>• Feldgleichungen</li> </ul> |
| 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**

Iskander A. Taimanov: Lectures on differential geometry. European Math. Soc., Zürich 2008

| Modul <b>FMI-MA1520</b> 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                                                              | Erich Novak, 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)                               | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Num. Mathematik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer des Moduls                                                                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                    | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                                       | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                                       | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                                     | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| - Selbststudium                                                                      | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilbertraummethoden</li> <li>• Existenz und Eindeutigkeit von schwachen Lösungen</li> <li>• Ritz-Galerkin-Verfahren, Finite Elemente</li> <li>• Konvergenz und Fehlerabschätzungen in Funktionenräumen</li> <li>• Multigrid – Methode, schnelle Löser</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-MA1521</b> 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                                                              | Erich Novak, Gerhard Zumbusch                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                                            | keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                                              | <p>Kenntnisse: Funktionalanalytische Grundlagen, Numerik von Randwertproblemen, partielle Differentialgleichungen, Höhere Programmiersprache</p> <p><b>M.Sc. Computational Science:</b><br/>Module FMI-MA0500 Einführung in die Numerische Mathematik und das wissenschaftliche Rechnen oder Computational Physics</p> |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)                               | <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Num. Mathematik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für M. Sc. Computational and Data (mathematisch orientiert)</p>                                                                                                   |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                                | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer des Moduls                                                                     | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)                    | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                                       | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                                       | <p>180 h</p> <p>- Präsenzstunden 60 h</p> <p>- Selbststudium 120 h</p> <p>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)</p>                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilbertraummethode</li> <li>• Existenz und Eindeutigkeit von schwachen Lösungen</li> <li>• Ritz-Galerkin-Verfahren, Finite Elemente</li> <li>• Multigrid – Methode, schnelle Löser</li> <li>• Finite Volumen Diskretisierung</li> </ul>                                       |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen des Konzepte der Finite Elemente und finite Volumen Diskretisierung</li> <li>• schnelle Lösung der linearen Gleichungssysteme. Implementierung und Anwendung der numerischen Algorithmen</li> <li>• Erwerb forschungsqualifizierender Kenntnisse</li> </ul>         |
| 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 <b>FMI-MA1534</b> 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)            | Pflichtmodul (Scientific Computing) für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerische Mathematik/WR) für den M.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) im M. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den M.Sc. Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung mit gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen</li> <li>• Finite Differenzen</li> <li>• Explizite Zeitschrittverfahren</li> <li>• Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme</li> <li>• Strategien paralleler Finite Differenzenmethoden</li> <li>• Strukturierte Gitter auf parallelen Rechnerarchitekturen</li> </ul>                                        |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte der Modellierung quantitativer Phänomene</li> <li>• Eigenschaften und Grenzen verschiedener Ansätze</li> <li>• Fähigkeit, Parallele Algorithmen für verschiedene Rechnerarchitekturen zu beschreiben, geeignete Implementierungen zu entwickeln und zu bewerten</li> </ul>                                                                                                           |
| 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 <b>FMI-MA1535</b> 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)            | <p>Pflichtmodul (Scientific Computing) für den M.Sc. Computational and Data Science</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerische Mathematik/WR) für den M.Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den M.Sc. Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik</p>                                                                                                                                          |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | <p>180 h</p> <p>- Präsenzstunden 60 h</p> <p>- Selbststudium 120 h</p> <p>(einschl. Prüfungsvorbereitungen)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finite Elemente mit Konvergenz</li> <li>• Lösungsbegriffe, Variationsformulierung, schwache Lösungen</li> <li>• Lösung großer, dünn besetzter, linearer Gleichungssysteme</li> <li>• klassische Faktorisierungs und Krylow-Unterraumverfahren mit Theorie und Grenzen</li> <li>• Vorkonditionierer und Multilevelmethoden</li> <li>• Parallele Gebietszerlegungsmethoden</li> <li>• Graphpartitionierung</li> <li>• Unstrukturierte Gitter auf parallelen Rechnerarchitekturen</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte der Lösung und Diskretisierung von Differentialgleichungen</li> <li>• Eigenschaften und Grenzen verschiedener Ansätze</li> <li>• Fähigkeit zur Konstruktion problemangepasster numerischer Lösungsverfahren</li> <li>• Fähigkeit zur Implementierung der Algorithmen und Nutzung von Softwarepaketen</li> </ul>                                                                                                                                                                  |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 <b>FMI-MA1550</b> Komplexität stetiger Probleme             |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modulcode                                                         | FMI-MA1550                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modultitel (deutsch)                                              | Komplexität stetiger Probleme                                                                                                                                                                                                                                               |
| Modultitel (englisch)                                             | Complexity of Continuous Problems                                                                                                                                                                                                                                           |
| Modul-Verantwortliche/r                                           | Erich Novak                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Voraussetzung für die Zulassung zum Modul                         | keine                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse                           | keine                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Num. Mathematik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik, Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 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 <b>FMI-MA1570</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Num. Mathematik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik) für den M. Sc Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                           |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4V + 2Ü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 9 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 270 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| - Präsenzstunden                                                  | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| - Selbststudium                                                   | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung von Finanzderivaten</li> <li>• Lösung stochastischer Differentialgleichungen. Grundlegende Ansätze und Konvergenzbegriffe, Simulation stochastischer Prozesse</li> <li>• Behandlung der Black-Scholes-Gleichung. Grundlegende Ansätze mit Finiten Differenzen, Konvergenztheorie, Stabilität, Lösung der entstehenden linearen Gleichungssysteme</li> </ul> |
| Lern- und Qualifikationsziele                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung grundlegende Konzepte der Modellierung von Finanzderivaten</li> <li>• Erwerb des theoretischen Verständnisses der Algorithmen</li> <li>• Fähigkeiten zur Implementierung der Algorithmen und zur Benutzung von Software</li> </ul>                                                                                                                          |
| 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.

Rüdiger Seydel: Tools for computational finance. Springer, Berlin 2004.  
Günther/Jüngel

Paul Wilmott, Sam Howison, Jeff N. Dewynne: The Mathematics of financial derivatives. Cambridge Univ. Press 2002.

Kloeden/Platen

| Modul <b>FMI-MA1571</b> 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)            | <p>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M. Sc. Computational and Data Science (anwendungsorientiert)</p> <p>Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Numerik/Wiss. Rechnen) für den M. Sc. Mathematik</p> <p>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M. Sc. Informatik</p>                  |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Newtonsche Bewegungsgleichungen und Zeitintegrationsverfahren</li> <li>• Modellierung mit kurz- und langreichweitigen Potentialen</li> <li>• Algorithmen zur schnellen Kraftauswertung</li> <li>• Visualisierung und Stochastische Interpretation der Daten</li> </ul> |
| Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform) | Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben und Programmieraufgaben                                                                                                                                                                                                                                             |

| Modul <b>FMI-MA1612</b> 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)                        | Pflichtmodul (Scientific Computing) für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (WP-Bereich 2) für den M.Sc. Geowissenschaften, Studienrichtung Geophysik                                                                                                                                                |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                                         | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Dauer des Moduls                                                              | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)             | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                                | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                                | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| - Präsenzstunden                                                              | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                               | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inhalte                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Optimierung</li> <li>- Wichtige Klassen von Optimierungsproblemen</li> <li>- Modellierungstechniken</li> <li>- Anwendungen der Optimierung</li> </ul>                                                                                                                 |
| Lern- und Qualifikationsziele                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennenlernen der Grundlagen der Optimierung</li> <li>- Klassifizierung von Optimierungsproblemen</li> <li>- Modellierung und Lösen von Optimierungsproblemen aus technischen, ökonomischen und naturwissenschaftlichen Anwendungen</li> <li>- Auswahl von Lösungsmethoden</li> </ul> |
| 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)             | Bearbeitung von Hausaufgaben, mündliche Prüfung oder Klausur                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfohlene Literatur                                                          | Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Modul <b>FMI-MA1706</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Stochastik) für den M. Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Stochastik) für den M. Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Sommersemester)                                                                                                                                                                                                         |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V                                                                                                                                                                                                                                            |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                          |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzung der Verteilungsfunktion</li> <li>• Kernschätzer der Wahrscheinlichkeitsdichte und der Regressionsfunktion</li> <li>• Konvergenzraten</li> <li>• Asymptotische Optimalität</li> </ul>       |
| 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 <b>FMI-MA1714</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Angewandte Mathematik, Vertiefung Stochastik) für den M.Sc. Mathematik<br>Wahlpflichtmodul (Stochastik) für den M.Sc. Wirtschaftsmathematik<br>Wahlpflichtmodul (Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science                                                                                                                                                   |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 2V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 3 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 90 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Präsenzstunden                                                  | 30 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| - Selbststudium                                                   | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 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 <b>FMI-MA1738</b> 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)            | Wahlpflichtmodul (Bereich Mathematik) für den M.Sc. Computational and Data Science<br>Wahlpflichtmodul (Nebenfach Mathematik) für den M.Sc. Informatik<br>Wahlpflichtmodul (Unterrichtsfach Mathematik) für den M.Sc. Wirtschaftspädagogik                                                                                                                                          |
| Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)                             | jedes 2. Semester (ab Wintersemester)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Dauer des Moduls                                                  | 1 Semester                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...) | 4 VÜ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Leistungspunkte (ECTS credits)                                    | 6 LP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Arbeitsaufwand (work load) in:                                    | 180 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| - Präsenzstunden                                                  | 60 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| - Selbststudium                                                   | 120 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inhalte                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente zeitdiskreter Martingaltheorie</li> <li>• Bewertung von Derivaten: Binomialmodell und Black-Scholes-Modell</li> <li>• Portfolio-Optimierung</li> <li>• Stopp-Probleme</li> <li>• Implementierung von Bewertungsverfahren</li> <li>• Monte-Carlo-Methoden in Financial Engineering</li> <li>• Dynamische Programmierung</li> </ul> |
| 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 <b>FMI-IN0902</b> 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:                                      | 900 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - Präsenzstunden                                                    | 0 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| - Selbststudium                                                     | 900 h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| (einschl. Prüfungsvorbereitungen)                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhalte                                                             | Der Inhalt, insbesondere die Beschreibung der zu lösenden Aufgabe wird bei der Ausgabe des Themas festgelegt (vgl. Prüfungsordnung§20(3,4)).<br>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, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist einanspruchsvolles Problem selbstständig wissenschaftlich zu bearbeiten und wissenschaftlichen Standards entsprechend darzustellen. 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 Kolloquiums                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

# 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/<br>Ü.... | Interdisziplinäres Hauptseminar/Übung   |
| KS....        | Klausur                                 |
| PR....        | Klausur/Prüfung                         |
| K....         | Kolloquium                              |
| K/P....       | Kolloquium/Praktikum                    |
| KS....        | Konferenz/Symposium                     |
| kV....        | Kulturelle Veranstaltung                |
| Ku....        | Kurs                                    |
| Ku....        | Kurs                                    |
| Lag....       | Lagerung                                |

## Abkürzungen für Veranstaltungen

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| 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               |
| 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   |
| Ü/P....   | Übung/Praktikum          |
| Ü/T....   | Übung/Tutorium           |
| Ve....    | Versammlung              |

Abkürzungen für Veranstaltungen

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

Other Abbreviations

|           |                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------|
| 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                                    |