UNIVERSITÄT PASSAU

*Fakultät für Informatik und Mathematik*

# Modulkatalog M.Sc. Computational Mathematics

# Module Descriptions M.Sc. Computational Mathematics



**Inklusive der Beschlüsse des Prüfungsausschusses der Fakultät für Informatik und Mathematik der Universität Passau am 12. August 2025**

**Contains all decisions of the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics of the University of Passau taken up to 12 August 2025**

Stand: 13. Oktober 2025

Last revised: October 13, 2025

## Abkürzungsverzeichnis und Wörterbuch / List of abbreviations and dictionary

| **Abkürzung / Abbreviation** | **Deutsch** | **English** |
|---|---|---|
| AStuPO | Allgemeine Studien- und Prüfungsordnung | General study and examination regulations |
| BS | Blockseminar | Block seminar |
| FStuPO | Fachstudien- und -prüfungsordnung | Programme-specific study and examination regulations |
| M.Sc. | Master of Science | Master of Science |
| P | Praktikum | Lab/practicum |
| Pf | Pflichtfach | Compulsory course |
| Pr | Präsentation | Presentation |
| PN | Prüfungsnummer | Examination number |
| PO | Prüfungsordnung | Examination regulations |
| S | Seminar | Seminar |
| Sem. | Semester | Semester |
| SP | Schwerpunkt | Focus |
| Ü | Übung | Exercise/Tutorial |
| V | Vorlesung | Lecture |
| Wahl | Wahlmodul | Elective |
| WPf | Wahlpflichtmodul | Compulsory elective |

| **Deutsch** | **English** |
|---|---|
| Modulgruppe | Focus area |
| Prüfungsausschuss | Board of examiners |
| Prüfungsnummer | Examination number |

**Bemerkung:** Falls wenigstens ein nicht-deutschsprachiger Hörer die Veranstaltung besucht und als Sprache „Deutsch oder Englisch“ angegeben ist, wird in der Regel auf Englisch unterrichtet.
**Remark:** If at least one non-German speaker attends and the language of instruction is stated as “German or English” the language of instruction will be English as a rule.

**Für Übersichtslisten zur Anrechenbarkeit und Modulgruppenzuordnung siehe**
`http://www.fim.uni-passau.de/studium/anrechenbarkeit/`
**For reference tables, please go to**
`http://www.fim.uni-passau.de/en/study/acceptability-for-credit-transfers/`

## Präambel

**Workload-Berechnung:**
Die Zuordnung von Leistungspunkten geht von der Arbeitsbelastung eines oder einer durchschnittlichen Studierenden aus. Ein Leistungspunkt entspricht in diesem Rahmen ca. 30 Arbeitsstunden. Dieser Durchschnitt wird im vorliegenden Studiengang einheitlich für alle Fächer und Lehrveranstaltungstypen angenommen.
**Prüfende:**
Prüferinnen und Prüfer sind die Professoren und Professorinnen sowie alle habilitierten Dozentinnen und Dozenten und ggf. weitere gemäß Hochschulprüferverordnung (HSchPrüferV) Befugte, die durch den Prüfungsausschuss der Fakultät für Informatik und Mathematik bestellt werden. Bitte beachten Sie hierzu die Bekanntmachungen des Prüfungsausschusses auf den Webseiten der Fakultät.
**Anwesenheitspflicht:**
Die Anwesenheitspflicht ist in der „Allgemeinen Studien- und Prüfungsordnung (AStuPO)“ im § 18 geregelt. Die Notwendigkeit der Anwesenheitspflicht ist für einzelne Lehrveranstaltungen im vorliegenden Modulkatalog festgelegt und entsprechend begründet.
**Wiederholungsmöglichkeit:**
Jedes mit „nicht ausreichend“ (Note schlechter als 4,0) bzw. „nicht bestanden“ bewertete Modul kann höchstens zweimal wiederholt werden, siehe § 9 AStuPO. Die Wiederholung muss innerhalb eines Jahres erfolgen. Eine Wiederholung von Prüfungen zur Notenverbesserung ist nicht möglich.
**Gesamtnotenrelevanz:**
Die Gesamtnote wird gemäß § 22 AStuPO berechnet.
**Seminare:**
In der Regel bieten Lehrstühle, Professorinnen und Professoren regelmäßig Seminare an. Hierzu beachten Sie bitte die Seminar-Ankündigungen auf den Webseiten der Lehrstühle und Professuren.
**Qualifikationsprofil:**
Die Erfüllung des Qualifikationsprofils des Studiengangs wird durch die verschiedenen Veranstaltungstypen gewährleistet.

- **Vorlesungen** fokussieren sich maßgeblich auf Vermittlung von Wissen und Verstehen der Problemstellungen. Dadurch erwerben Absolventen und Absolventinnen Fachkompetenz in der Breite und Tiefe des Faches. Besonders in den Masterstudiengängen werden zusätzlich Lehrmeinungen, Grenzen und kritisches Verständnis auf dem neuesten Stand der Forschung gelehrt.

- **Vorlesungsbegleitende Übungen** vertiefen dieses Wissen, und leiten zu Einsatz und praktischer Anwendung an. Die Studierenden lernen dabei Probleme zu analysieren, kritisch einzuordnen und geeignete Lösungswege zu finden. Darüber hinaus werden Kommunikation und Kooperation zwischen den Studierenden eingeübt.

- **Selbstständige Übungen und Praktika** lehren die Nutzung und den Transfer auf praktische Anwendungen und Projekte. Dabei lernen die Studierenden situationsadäquat und reflektiert professionelle Entscheidungen zu treffen.

- In **Seminaren** und **Abschlussarbeiten** planen und recherchieren die Studierenden. Sie entwickeln und bearbeiten aktuelle Forschungsfragen, wählen geeignete Analysemethoden und reflektieren die erzielten Ergebnisse kritisch. Dadurch tragen sie auch zur wissenschaftlichen Innovation bei. Darüber hinaus üben sie die Kommunikation von erzielten Ergebnissen an Dritte ein.

## Preamble

**Workload calculation:**
The assignment of credit points is based on the workload of an average student. In this context, one credit point corresponds to approx. 30 working hours. This average generally applies to all subjects and course types in the present degree programme.
**Examiners:**
Examiners are the professors and all habilitated lecturers and, if applicable, other authorised persons according to the Higher Education Examination Ordinance (Hochschulprüferverordnung, HSch-PrüferV), who are appointed by the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics. Please refer to the announcements of the Board of Examiners on the Faculty's website.
**Compulsory attendance:**
Compulsory attendance is regulated in § 18 of the "General Study and Examination Regulations (AStuPO)". The necessity of compulsory attendance is specified for individual courses in this module catalogue and justified accordingly.
**Possibility of repetition:**
Each module assessed as "insufficient" (grade below 4.0) or "failed" can be repeated a maximum of two times, cf. § 9 AStuPO). The repetition must take place within one year. It is not possible to repeat examinations for grade improvement.
**Overall grade relevance:**
The final grade is calculated according to § 22 AStuPO.
**Seminars:**
Chairs and professors usually offer seminars on a regular basis. Please pay attention to the seminar announcements on the websites of the chairs and professorships.
**Qualification profile:**
The fulfilment of the qualification profile of the degree programme is ensured by the different types of courses.

- **Lectures** focus primarily on imparting knowledge and understanding problems. Consequently, graduates acquire professional competence in the breadth and depth of the subject. Particularly in master's programmes, schools of thought, limitations and critical understanding are additionally taught at the cutting edge of research.
- **Exercises accompanying lectures** deepen this knowledge and guide students to use and apply it in practice. Students learn to analyse problems, to classify them critically and to find suitable solutions. In addition, communication and cooperation between students are practised.
- **Independent exercises and practical courses** teach the use and transfer to practical applications and projects. In the process, students learn to make professional decisions in an appropriate and reflective manner.
- In **seminars** and **theses**, students plan and conduct research. They develop and work on contemporary research questions, select suitable methods of analysis and critically reflect on the results. That way, they also contribute to scientific innovation. In addition, they practise communicating the results to third parties.

# Modulübersicht des Masterstudiengangs „Computational Mathematics“ / Overview of the course program

**Module Group “Algebra, Geometry and Cryptography“ (AGC)**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Computer Algebra | 455358 | 4V+2Ü | 9 | Kreuzer | English |
| Computational Algebraic Geometry | 405154 | 4V+2Ü | 9 | Kreuzer | English |
| Cryptography | 401816 | 4V+2Ü | 9 | Kreuzer, Zumbrägel, Sauer | English |
| Cryptanalysis | 482102 | 4V+2Ü | 9 | Zumbrägel | English |
| Rings and Modules | 455364 | 4V+2Ü | 9 | Zumbrägel | English |
| Elliptic Curves | 422120 | 4V+2Ü | 9 | Zumbrägel | English |
| Commutative Algebra | 455387 | 2V+2Ü | 6 | Kreuzer | English |
| Topology II | 422180 | 2V+2Ü | 6 | Wirth | English/ German |
| Real Algebra | 482103 | 4V+2Ü | 9 | Kaiser | English |
| Real Algebraic Geometry | 482104 | 4V+2Ü | 9 | Kaiser | English |
| Distributed Algorithms | 422150 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Computational Geometry | 405125 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Seminar in AGC | 482110 | 2S | 5 | All lecturers of the focus area | English |

**Module Group “Mathematical Logic and Discrete Mathematics“ (MLDM)**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Efficient Algorithms | 455366 | 3V+2Ü | 7 | Rutter, Sudholt | English/ German |
| Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs | 455414 | 2V+2Ü | 6 | Rutter | English |
| Algorithms for Graph Visualization | 455352 | 2V+1Ü | 5 | Rutter | German |
| Parameterized Algorithms | 455413 | 2V+2Ü | 6 | Rutter | English/ German |
| Coding Theory | 463030 | 3V+2Ü | 7 | Kreuzer | English |
| Information Theory | 455440 | 4V+2Ü | 9 | Zumbrägel | English |
| Theory of Evolutionary Computation | 455399 | 3V+2Ü | 7 | Sudholt | English/ German |
| Randomised Algorithms | 455388 | 3V+2Ü | 7 | Sudholt | English/ German |
| Algorithms under Uncertainty | 471980 | 2V+2Ü | 6 | Sudholt | English |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mathematical Logic | 455362 | 4V+2Ü | 9 | Kaiser, Müller | English |
| Model Theory | 482201 | 4V+2Ü | 9 | Kaiser, Müller | English |
| Discrete Mathematics | 482212 | 4V+2Ü | 9 | Glock | English |
| Extremal Combinatorics | 482213 | 2V+2Ü | 6 | Glock | English |
| Random Graphs | 422140 | 2V+2Ü | 6 | Glock | English |
| Combinatorial Number Theory | xxxxxx | 4V+2Ü | 9 | Glock | English |
| Computational Complexity Theory | 482211 | 4V+2Ü | 9 | Müller | English |
| Advanced Computational Complexity Theory | 472710 | 2V+2Ü | 6 | Müller | English |
| Constraint Satisfaction Problems | 472720 | 2V+2Ü | 6 | Müller | English |
| Advanced Model Theory | 455470 | 2V+2Ü | 6 | Kaiser,Müller | English |
| Proof Theory | 482203 | 2V+2Ü | 6 | Kaiser | English |
| Recursion Theory | 482202 | 2V+2Ü | 6 | Kaiser | English |
| Seminar in MLDM | 482210 | 2S | 5 | All lecturers of the focus area | English |

**Module Group "Analysis, Numerics and Approximation Theory" (ANAT)**

| **Module** | **Exam. Number** | **Contact Hours** | **ECTS** | **Professor** | **English/ German** |
|---|---|---|---|---|---|
| Ideals in Numerical Applications | 455363 | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Wavelets | 471870 | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Mathematical Foundations of Machine Learning | 455394 | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Continued Fractions | xxxxxx | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Geometric Modeling Project | 455355 | 4V+2P | 9 | Sauer | English |
| Generalized Function Theory | 455360 | 4V+2Ü | 9 | Forster-Heinlein | English/ German |
| Constructive Approximation | 405244 | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Approximationstheorie | 451403 | 2V+2Ü | 6 | Forster-Heinlein | German |
| Functional Analysis | 485367 | 4V+2Ü | 9 | Prochno | English |
| Fourier and Laplace Transforms | 451405 | 4V+2Ü | 9 | Forster-Heinlein | English |
| Operator Theory | 401403 | 4V+2Ü | 9 | Forster-Heinlein | English |
| Numerics of Differential Equations | 451012 | 4V+2Ü | 9 | Wirth | English/ German |
| Topology | 485382 | 2V+2Ü | 6 | Wirth | English/ German |
| Numerik der Polynom- und rationalen Approximation | 485383 | 2V+1Ü | 5 | Forster-Heinlein | English/ German |
| Advanced Imaging | 454020 | 2V+2Ü | 6 | Sauer | English |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Integral Transforms | 451007 | 2V+2Ü | 6 | Forster-Heinlein | English/ German |
| Asymptotische Geometrische Analysis und Anwendungen | 485368 | 2V+1Ü | 5 | Prochno | English/ German |
| Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing | 485384 | 3V+1Ü | 6 | Prochno | English |
| Integral Transforms and Computed Tomography | 482301 | 4V+2Ü | 9 | Sauer | English |
| Seminar in ANAT | 482310 | 2S | 5 | All lecturers of the focus area | English |

**Module Group "Dynamical Systems and Optimization" (DSO)**

| **Module** | **Exam. Number** | **Contact Hours** | **ECTS** | **Professor** | **English/ German** |
|---|---|---|---|---|---|
| Optimierung | 471765 | 4V+2Ü | 9 | Harks | English/ German |
| Partial Differential Equations | 405167 | 3V+2Ü | 7 | Wirth | English |
| Semigroup Theory | 405213 | 3V+2Ü | 7 | Wirth | English |
| Symbolic Dynamics and Coding | 485212 | 4V+2Ü | 9 | Wirth | English |
| Mathematical Systems Theory | 482401 | 4V+2Ü | 9 | Wirth | English |
| Dynamical Systems | 482402 | 4V+2Ü | 9 | Wirth | English/ German |
| Computational Game Theory | 472690 | 4V+2Ü | 9 | Harks | English |
| Complex Dynamic Networks | 471515 | 2V+1Ü | 5 | Schönlein | English/ German |
| Distributed Algorithms | 422150 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Dynamic Network Flows | 422160 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Computational Geometry | 405125 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Machine Learning Control and Optimization | 455398 | 4V+2Ü | 9 | Wirth | English |
| Online and Approximation Algorithms | 455480 | 2V+2Ü | 6 | Harks | English |
| Seminar in DSO | 482410 | 2S | 5 | All lecturers of the focus area | English |

**Module Group "Stochastics, Statistics" (SS)**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Computational Stochastic Processes | 451402 | 2V+2Ü | 6 | Müller-Gronbach | English |
| Stochastic Analysis | 405214 | 4V+2Ü | 9 | Müller-Gronbach | English |
| Stochastic Partial Differential Equations | 405245 | 3V+1Ü | 6 | Müller-Gronbach | English |
| Mathematische Statistik | 451013 | 3V+1Ü | 6 | Müller-Gronbach | English/ German |
| Numerical Methods for Stochastic Differential Equations | 451004 | 3V+1Ü | 6 | Müller-Gronbach | English |
| Markov Chain Monte Carlo | 455450 | 4V+2Ü | 9 | Rudolf | English/ German |
| Foundations of Statistical Data Science | 482522 | 4V+2Ü | 9 | Rudolf | English/ German |
| Stochastic Processes | 405915 | 4V+2Ü | 9 | Rudolf | English/ German |
| Slice Sampling | 465510 | 2V+1Ü | 5 | Rudolf | English/ German |
| Classical Limit Theorems & Large Deviations | 451019 | 4V+2Ü | 9 | Prochno | English/ German |
| Stochastic Processes on Graphs and Groups | 455490 | 4V+2Ü | 9 | Müller-Gronbach | English/ German |
| Seminar in SS | 482510 | 2S | 5 | All lecturers of the focus area | English |

**Module Group "Data Analysis and Data Management and Programming" (DADMP)**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Efficient Algorithms | 455366 | 3V+2Ü | 7 | Rutter, Sudholt | English/ German |
| Practical Parallel Programming | 455371 | 3V+2Ü | 7 | Fraser | English/ German |
| Introduction to Topological Data Analysis | xxxxxx | 3V+2Ü | 7 | Rutter | English/ German |
| Multimedia Databases | 405031 | 3V+2Ü | 7 | Kosch | English |
| Data Modelling and Data Processing in the Internet of Things | 455386 | 2V+1Ü | 5 | Kosch | English |
| Implementation of Database Systems | 405069 | 3V+2Ü | 7 | Kosch | English/ German |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Functional Programming | 405053 | 2V+2Ü | 6 | Griebl, Fraser | English/ German |
| Network Science | 482601 | 2V+1Ü | 5 | Granitzer | English |
| Data Science Lab | 482604 | 4Ü | 6 | Granitzer | English |
| Machine Learning Lab | 455382 | 4Ü | 6 | Granitzer | English |
| Advanced Topics in Data Science | 482603 | 2V+1Ü | 5 | Granitzer | English |
| Visual Analytics | 452003 | 2V+1Ü | 5 | Granitzer | English |
| Theory of Evolutionary Computation | 455399 | 3V+2Ü | 7 | Sudholt | English/ German |
| Randomised Algorithms | 455388 | 3V+2Ü | 7 | Sudholt | English |
| Algorithms under Uncertainty | 471980 | 2V+2Ü | 6 | Sudholt | English |
| Design and Implementation of Search Engines | 455370 | 4V | 6 | Krestel | English/ German |
| Autonomous Learning | 455353 | 2V+2Ü | 6 | Tomforde | English |
| Scaling Database Systems | 451016 | 2V+2Ü | 6 | Scherzinger | English |
| Text Mining | 405024 | 3V+2Ü | 7 | Granitzer | English/ German |
| Text Mining Project | 405025 | 3V+3Ü | 8 | Granitzer | English/ German |
| Big Data Management | 455374 | 2V+2Ü | 6 | Endres | English/ German |
| Graph and Network Algorithms Lab | 451005 | 3Ü | 6 | Rutter | English |
| Multimedia Retrieval | 455383 | 2V+2Ü | 6 | Scherzinger | English |
| Computational Social Science Lab | 455391 | 4Ü | 6 | Lemmerich | English |
| Introduction to Deep Learning | 471616 | 2V+2Ü | 6 | Lemmerich | English |
| Responsible Machine Learning | 471617 | 2V+2Ü | 6 | Lemmerich | English |
| Computational Linguistics | 455396 | 2V+2Ü | 6 | Hautli-Janisz | English |
| Computational Linguistics Shared Task Lab | 472810 | 4Ü | 6 | Hautli-Janisz | English |
| Principles of AI Engineering | 455410 | 2V+2Ü | 6 | Herbold | English |
| Deep Learning for Natural Language and Code | 472700 | 2V+2Ü | 6 | Herbold | English |
| Exemplary and Effective Programming | 413152 | 1V+3P | 6 | Abbott | English |
| Data on the Web | 455417 | 2V+2Ü | 6 | Scherzinger | English |
| Principles of Data Organisation | 472740 | 2V+2Ü | 6 | Scherzinger | English |
| Semantic Data Integration | 473270 | 2V+2Ü | 6 | Algergawy | English |
| Management of Scientific Data | 472780 | 2V+2Ü | 6 | Algergawy | English |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Modern Database Systems | 472770 | 2V+2Ü | 6 | Scherzinger | English |
| Advanced Data Analytics | 261004 | 2V+2Ü | 5 | Haupt, Fritsch | English |

**Module Group "Applications" (A)**

| **Module** | **Exam. Number** | **Contact Hours** | **ECTS** | **Professor** | **English/ German** |
|---|---|---|---|---|---|
| Foundations of Energy Systems | 455361 | 2V+2Ü | 6 | de Meer | English |
| Secure Computation | 455372 | 2V+2Ü | 6 | Katzenbeisser | English |
| Camera Calibration and 3-D Reconstruction | 455395 | 2V | 3 | Hanning | German |
| Financial Engineering and Structured Finance | 262200 | 2V+2Ü | 5 | Entrop | English |
| Quantitative Methods in Finance | 261070 | 2V+2Ü | 5 | Entrop | English |
| Corporate Finance and Capital Markets | 262230 | 4V+2Ü | 5 | Entrop | English |
| Marktforschung | 200514 | 2V+2Ü | 5 | Totzek | German |
| Topics in Applied Econometrics | 271030 | 2V+2Ü | 5 | Haupt | English |
| Paneldatenanalyse | 261080 | 2V+2Ü | 5 | Haupt | German |
| Computational Statistics – Regression in R | 261170 | 2V | 3 | Haupt | English |
| Computational Statistics – Statistical Learning in R | 261001 | 2V | 3 | Haupt | English |
| Econometric Methods | 261120 | 2V+2Ü | 5 | Haupt | English/ German |
| Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning) | 266194 | 2V+2Ü | 5 | Otto | English |
| Practical Course: Advanced Topics in Management Science | 266502 | 2Ü | 3 | Otto | English |
| Sustainable Supply Chain Management | 265770 | 2V | 5 | Otto | English |

**Module Group "Key Competencies and Language Training" (KCLT)**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Occupational Internship | 407680 | 240h (mind. 50% studiumsrelevante Inhalte) | 4 | Kaiser | English/ German |
| Grundfragen der Didaktik der Informatik | 777911 | 2V+2Ü | 4 | Heuer | German |
| Scientific Methods and Technical Writing | 479810 | 2V+1Ü | 5 | Kranz | English |
| Science and Technology Project in Physical Making, Prototyping and Testing | 455342 | 8P | 8 | Kranz | English |
| FFA Aufbaustufenmodul 1 (English Course 1) | 542001 | 2V | 3 | Lektor/Lektorin Sprachenzentrum | English |
| FFA Aufbaustufenmodul 2 (English Course 2) | 448100 (542002 +542003) | 2V | 3 | Lektor/Lektorin Sprachenzentrum | English |
| Weitere anrechenbare Schlüsselqualifikationen/ All key competencies for Mathematics/ Informatics | Diverse | Diverse | 1-3 | Diverse | English/ German |

**Für weitere anrechenbare Schlüsselqualifikationen siehe / For more key competencies for Mathematics see**
`http://www.fim.uni-passau.de/studium/anrechenbarkeit/`

**Compulsory Modules**

| Module | Exam. Number | Contact Hours | ECTS | Professor | English/ German |
|---|---|---|---|---|---|
| Seminar 1 zu Mathematik | 481001 | 2S | 5 | All lecturers of mathematics | English |
| Seminar 2 zu Mathematik | 481002 | 2S | 5 | All lecturers of mathematics | English |
| Presentation of the Master's Thesis | 488999 | 1Pr | 3 | All lecturers of mathematics | English |
| Master's Thesis | 489900 | - | 27 | All lecturers of mathematics | English/ German |

**Hinweise:**
Für das Bestehen der Masterprüfung gemäß § 9 Abs. 2 AStuPO sind nach § 6 Satz 1 FStuPO folgende Pflicht- und Wahlpflichtmodule zu absolvieren und insgesamt **mindestens 120 ECTS-Leistungspunkte** zu erwerben:

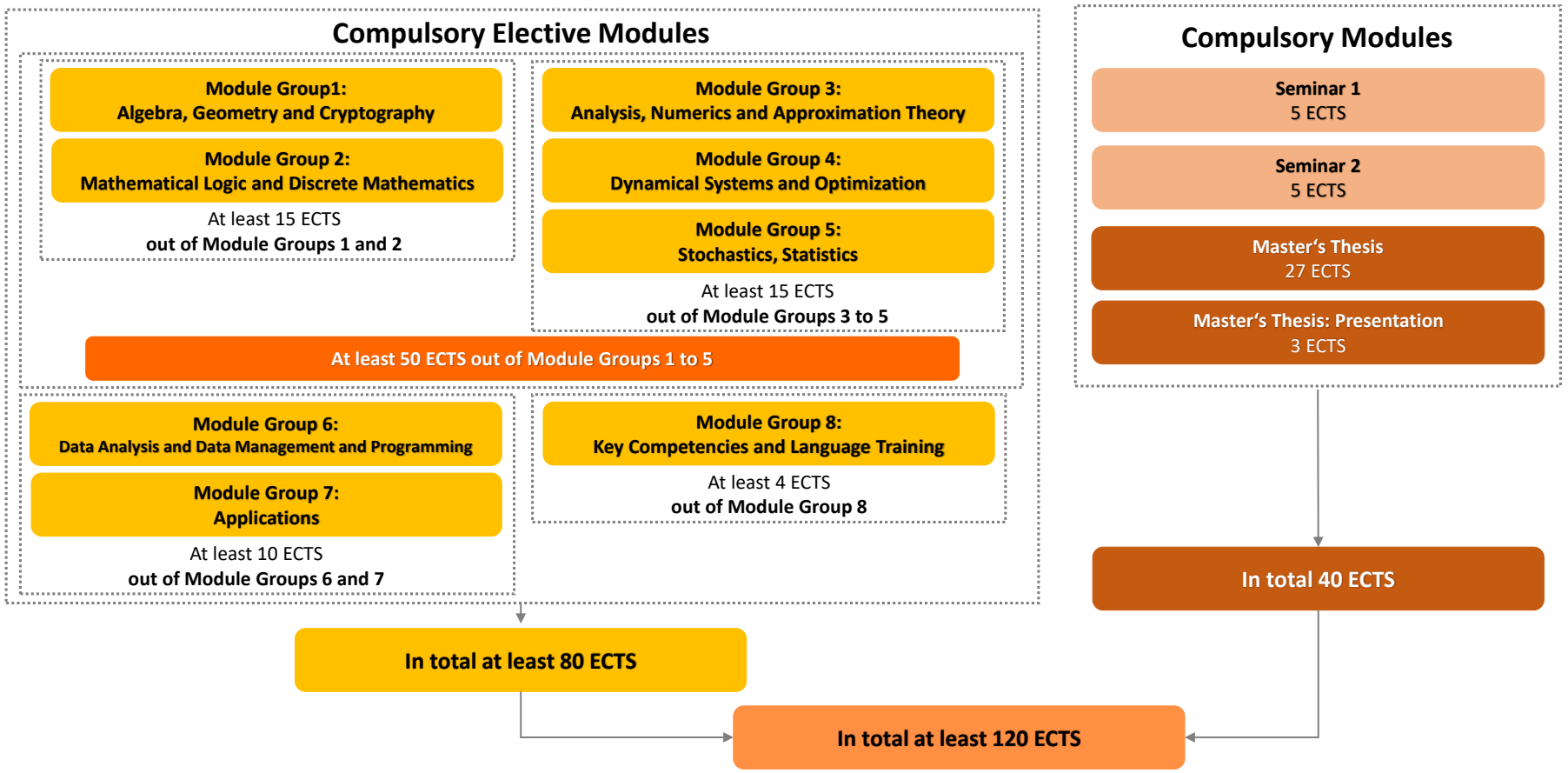
i. Die **Pflichtmodule** gemäß obiger Liste,
ii. aus den Modulgruppen **AGC, MLMD, ANAT, DSO, SS** Module im Umfang von **mindestens 50 ECTS-Leistungspunkten**, davon
   a) **mindestens 15 ECTS-Leistungspunkten** aus den Modulgruppen **AGC, MLMD** und
   b) **mindestens 15 ECTS-Leistungspunkten** aus den Modulgruppen **ANAT, DSO, SS**,
iii. aus den Modulgruppen aus **DADMP, A mindestens 10 ECTS-Leistungspunkte**,
iv. aus der Modulgruppe **KCLT mindestens 4 ECTS-Leistungspunkte**.

**Note:**
For passing the Master's examination (see AStuPO § 9 paragraph 2 and FStuPO § 6 sentence 1) the following compulsory and compulsory elective modules must be passed and **in total at least 120 credit points** must be achieved:

i. The **compulsory modules** (see list above),
ii. modules from the focus areas **AGC, MLMD, ANAT, DSO, SS** amounting to **at least 50 credit points** in total, thereof
   a) **at least 15 ECTS credit points** from the focus areas **AGC, MLMD** in total and
   b) **at least 15 ECTS credit points** from the focus areas **ANAT, DSO, SS** in total,
iii. **at least 10 ECTS credit points** from the focus areas **DADMP, A** in total,
iv. **at least 4 credit points** from the focus area **KCLT** in total.

**Für Übersichtslisten zur Anrechenbarkeit und Modulgruppenzuordnung siehe**
`http://www.fim.uni-passau.de/studium/anrechenbarkeit/`
**For reference tables see**
`http://www.fim.uni-passau.de/en/study/acceptability-for-credit-transfers/`

## Baukasten für M.Sc. Computational Mathematics / Building Blocks for M.Sc. Computational Mathematics




**Note AStuPO § 9 paragraph 3 sentence 1) and 2)**

[1] By the end of the first semester, proof of successful completion of module examinations totalling at least 20 ECTS credits must be submitted.

[2] If this requirement is not met, a total of at least 30 ECTS credits must be demonstrated by the end of the second semester at the latest.

## Inhaltsverzeichnis

**Baukasten für M.Sc. Computational Mathematics / Building Blocks for M.Sc. Computational Mathematics** **13**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **5008** | **Grundfragen der Didaktik der Informatik** | **PN 777911** | **21** |
| **5600** | **Effiziente Algorithmen**<br>**Efficient Algorithms** | **PN 455366** | **23** |
| **5610** | **Praktische Parallelprogrammierung**<br>**Practical Parallel Programming** | **PN 455371** | **26** |
| **5710** | **Algorithmische Graphentheorie und perfekte Graphen**<br>**Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs** | **PN 455414** | **29** |
| **5712** | **Algorithmen zur Visualisierung von Graphen**<br>**Algorithms for Graph Visualization** | **PN 455352** | **32** |
| **5713** | **Parametrisierte Algorithmen**<br>**Parameterized Algorithms** | **PN 455413** | **35** |
| **5715** | **Einführung in die Topologische Datenanalyse**<br>**Introduction to Topological Data Analysis** | **PN 482115** | **37** |
| **5721** | **Foundations of Energy Systems** | **PN 455361** | **40** |
| **5730** | **Optimierung** | **PN 471765** | **43** |
| **5732** | **Ideals in Numerical Applications** | **PN 455363** | **46** |
| **5733** | **Wavelets** | **PN 471870** | **48** |
| **5734** | **Mathematical Foundations of Machine Learning** | **PN 455394** | **50** |
| **5736** | **Kettenbrüche**<br>**Continued Fractions** | **PN 456354** | **53** |
| **5739** | **Geometric Modeling Project** | **PN 455355** | **56** |
| **5753** | **Distributionentheorie**<br>**Generalized Function Theory** | **PN 455360** | **58** |
| **5754** | **Constructive Approximation** | **PN 405244** | **61** |
| **5754** | **Approximationstheorie** | **PN 451403** | **63** |
| **5756** | **Funktionalanalysis**<br>**Functional Analysis** | **PN 485367** | **65** |
| **5757** | **Fourier- und Laplace-Transformation**<br>**Fourier and Laplace Transforms** | **PN 451405** | **68** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **5762** | **Sicheres Rechnen**<br>**Secure Computation** | **PN 455372** | **71** |
| **5771** | **Multimedia-Datenbanken**<br>**Multimedia Databases** | **PN 405031** | **74** |
| **5772** | **Data Modelling and Data Processing in the Internet of Things** | **PN 455386** | **78** |
| **5773** | **Implementierung von Datenbanksystemen**<br>**Implementation of Database Systems** | **PN 405069** | **82** |
| **5780** | **Computeralgebra**<br>**Computer Algebra** | **PN 455358** | **86** |
| **5781** | **Algorithmische Algebraische Geometrie**<br>**Computational Algebraic Geometry** | **PN 405154** | **89** |
| **5782** | **Kryptographie**<br>**Cryptography** | **PN 401816** | **92** |
| **5784** | **Codierungstheorie**<br>**Coding Theory** | **PN 463030** | **95** |
| **5791** | **Funktionale Programmierung**<br>**Functional Programming** | **PN 405053** | **98** |
| **5804** | **Scientific Methods and Technical Writing** | **PN 479810** | **101** |
| **5815** | **Computational Stochastic Processes** | **PN 451402** | **104** |
| **5818** | **Stochastische Analysis**<br>**Stochastic Analysis** | **PN 405214** | **107** |
| **5831** | **Kryptoanalyse**<br>**Cryptanalysis** | **PN 482102** | **109** |
| **5835** | **Ringe und Moduln**<br>**Rings and Modules** | **PN 455364** | **111** |
| **5836** | **Elliptic Curves** | **PN 422120** | **113** |
| **5838** | **Information Theory** | **PN 455440** | **115** |
| **5871** | **Commutative Algebra** | **PN 455387** | **117** |
| **5873** | **Operatortheorie**<br>**Operator Theory** | **PN 401403** | **120** |
| **5942** | **Network Science** | **PN 482601** | **122** |
| **5943** | **Data Science Lab** | **PN 482604** | **125** |

| | | |
|---|---|---|
| **5944** | **Machine Learning Lab** | **PN 455382 127** |
| **5945** | **Advanced Topics in Data Science** | **PN 482603 129** |
| **5946** | **Visual Analytics** | **PN 452003 131** |
| **5951** | **Theory of Evolutionary Computation** | **PN 455399 134** |
| **5952** | **Randomisierte Algorithmen**<br>**Randomised Algorithms** | **PN 455388 137** |
| **5953** | **Algorithms under Uncertainty** | **PN 471980 140** |
| **5954** | **Design and Implementation of Search Engines** | **PN 455370 143** |
| **5956** | **Autonomous Learning** | **PN 455353 146** |
| **5960** | **Partielle Differentialgleichungen**<br>**Partial Differential Equations** | **PN 405167 149** |
| **5961** | **Halbgruppentheorie**<br>**Semigroup Theory** | **PN 405213 152** |
| **5962** | **Symbolische Dynamik und Kodierung**<br>**Symbolic Dynamics and Coding** | **PN 485212 154** |
| **5963** | **Numerik von Differentialgleichungen**<br>**Numerics of Differential Equations** | **PN 451012 157** |
| **5964** | **Dynamische Systeme**<br>**Dynamical Systems** | **PN 482402 160** |
| **5965** | **Topologie**<br>**Topology** | **PN 485382 163** |
| **5967** | **Mathematische Systemtheorie**<br>**Mathematical Systems Theory** | **PN 482401 166** |
| **5968** | **Topologie II**<br>**Topology II** | **PN 422180 169** |
| **5970** | **Scaling Database Systems** | **PN 451016 171** |
| **5980** | **Text Mining** | **PN 405024 174** |
| **5981** | **Text Mining Project** | **PN 405025 176** |
| **5983** | **Big Data Management** | **PN 455374 179** |
| **5992** | **Stochastische partielle Differentialgleichungen**<br>**Stochastic Partial Differentioal Equations** | **PN 405245 181** |

**5994 Numerik der Polynom- und rationalen Approximation PN 485383 184**

**5995 Advanced Imaging PN 454020 186**

**6003 Science and Technology Project in Physical Making, Prototyping and Testing PN 455342 188**

**6020 Mathematische Logik PN 455362**
**Mathematical Logic 194**

**6021 Mathematische Statistik PN 451013 197**

**6023 Model Theory PN 482201 199**

**6026 Real Algebra PN 482103 201**

**6029 Numerik stochastischer Differentialgleichungen PN 451004**
**Numerical Methods for Stochastic Differential Equations 203**

**6033 Real Algebraic Geometry PN 482104 206**

**6034 Graphen- und Netzwerkalgorithmen Praktikum PN 451005**
**Graph and Network Algorithms Lab 208**

**6040 Integraltransformationen PN 451007**
**Integral Transforms 211**

**6044 Multimedia Retrieval PN 455383 214**

**6046 Discrete Mathematics PN 482212 217**

**6049 Asymptotische Geometrische Analysis und Anwendungen PN 485368 219**

**6060 Computational Social Science Lab PN 455391 222**

**6061 Introduction to Deep Learning PN 471616 225**

**6064 Responsible Machine Learning PN 471617 228**

**6070 Markov Chain Monte Carlo PN 455450 231**

**6072 Foundations of Statistical Data Science PN 482522 233**

**6073 Stochastische Prozesse PN 405915**
**Stochastic Processes 236**

**6074 Slice Sampling PN 465510 239**

**6080 Computational Linguistics PN 455396 241**

**6089 Computational Linguistics Shared Task Lab PN 472810 244**

**6100 Computational Game Theory PN 472690 246**

**6101 Komplexe Dynamische Netzwerke PN 471515**
**Complex Dynamic Networks 248**

**6103 Distributed Algorithms PN 422150 251**

**6105 Dynamic Network Flows PN 422160 254**

**6106 Computational Geometry PN 405125 256**

**6111 Klassische Grenzwertsätze & große Abweichungen PN 451019**
**Classical Limit Theorems & Large Deviations 259**

**6112 Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing PN 485384 262**

**6120 Principles of AI Engineering PN 455410 265**

**6123 Deep Learning for Natural Language and Code PN 472700 268**

**6131 Extremal Combinatorics PN 482213 271**

**6132 Random Graphs PN 422140 273**

**6133 Combinatorial Number Theory PN 455560 275**

**6140 Exemplary and Effective Programming PN 413152 277**

**6141 Komplexitätstheorie PN 482211**
**Computational Complexity Theory 280**

**6142 Fortgeschrittene Komplexitätstheorie PN 472710**
**Advanced Computational Complexity Theory 282**

**6143 Constraint Satisfaction Problems PN 472720 284**

**6145 Fortgeschrittene Modelltheorie PN 455470**
**Advanced Model Theory 286**

**6195 Integraltransformationen und Computertomographie PN 482301**
**Integral Transforms and Computed Tomography 288**

**6200 Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion PN 455395**
**Camera Calibration and 3-D Reconstruction 290**

**6201 Proof Theory PN 482203 292**

**6202 Recursion Theory PN 482202 294**

**6206 Data on the Web PN 455417 296**

**6208 Machine Learning Control and Optimization PN 455398 299**

**6209 Principles of Data Organisation PN 472740 302**

| | | |
|---|---|---|
| **6210** | **Semantic Data Integration** | **PN 473270 304** |
| **6211** | **Management of Scientific Data** | **PN 472780 307** |
| **6212** | **Modern Database Systems** | **PN 472770 310** |
| **6215** | **Online and Approximation Algorithms** | **PN 455480 313** |
| **6217** | **Stochastische Prozesse auf Graphen und Gruppen**<br>**Stochastic Processes on Graphs and Groups** | **PN 455490 315** |
| **30900** | **Financial Engineering and Structured Finance** | **PN 262200 317** |
| **30902** | **Quantitative Methods in Finance** | **PN 261070 319** |
| **30913** | **Corporate Finance and Capital Markets** | **PN 262230 321** |
| **33860** | **Marktforschung** | **PN 200514 324** |
| **35550** | **Topics in Applied Econometrics** | **PN 271030 326** |
| **35610** | **Paneldatenanalyse** | **PN 261080 328** |
| **35621** | **Computational Statistics – Regression in R** | **PN 261170 330** |
| **35622** | **Computational Statistics – Statistical Learning** | **PN 261001 332** |
| **35777** | **Methoden der Ökonometrie I**<br>**Econometric Methods** | **PN 261120 334** |
| **35780** | **Advanced Data Analytics** | **PN 261004 336** |
| **39734** | **Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning)** | **PN 266194 338** |
| **39745** | **Practical Course: Advanced Topics in Management Science** | **PN 266502 340** |
| **39746** | **Sustainable Supply Chain Management** | **PN 265770 342** |
| **90595/90596** | **FFA Aufbaustufenmodul 1**<br>**English Course 1** | **PN 542001 344** |
| **90596/90597** | **FFA Aufbaustufenmodul 2**<br>**English Course 2** | **PN 448100 346** |
| **Seminar in AGC** | | **PN 482110 348** |
| **Seminar in MLDM** | | **PN 482210 348** |
| **Seminar in ANAT** | | **PN 482310 348** |
| **Seminar in DSO** | | **PN 482410 348** |
| **Seminar in SS** | | **PN 482510 348** |

**Seminar 1 zu Mathematik** **PN 481001 350**

**Seminar 2 zu Mathematik** **PN 481002 350**

**Praktikum** **PN 407680**
**Internship** **352**

**Präsentation der Masterarbeit** **PN 488999**
**Presentation of the Master's Thesis** **356**

**Masterarbeit Mathematik** **PN 489900**
**Master's Thesis in Mathematics** **358**

| 5008 | Grundfragen der Didaktik der Informatik | PN 777911 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Einmal pro Studienjahr<br>Once per year | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Heuer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Heuer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Stunden Präsenz + 60 Stunden Selbststudienzeit<br>60 contact hours + 60 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 4 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlagen der Informatik, Programmierung I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Bachelor Informatik, Bachelor Internet Computing, Lehramt Bachelor Computer Science, Bachelor Internet Computing, Teacher training programme | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden<br>• Aspekte fachbezogenen Lehrens und Lernens erläutern<br>• einige Unterrichtsansätze sowie Grundsätze und Standards erläutern<br>• grundlegende Ideen der Informatik identifizieren und demonstrieren<br>• einige Techniken und Hilfsmittel zur Vermittlung informatischer Inhalte erkennen, beurteilen und anwenden | |

| | |
|---|---|
| | • den eigenen Lernprozess reflektieren |
| Inhalt<br>Course content | • Ziele, Standards, Erscheinungs- und Organisationsformen informatischer Bildung<br>• grundlegende Ideen der Informatik<br>• Techniken und Hilfsmittel zur Vermittlung informatischer Inhalte |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 15 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben<br>60-minute written exam or oral exam of about 15 minutes. The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester on the noticeboard and on the faculty website |
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel, Programmierwerkzeuge<br>Projector, blackboard, programming tools |
| Literatur<br>Reading list | Wird von der Dozentin bekannt gegeben |

| 5600 | Effiziente Algorithmen<br>Efficient Algorithms | PN 455366 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter, Sudholt | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter, Sudholt | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“, Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „MLDM“, Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 105 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 105 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Theoretische Informatik I<br>Algorithms and Data Structures, Theoretical Computer Science I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben systematisches Verständnis algorithmischer Entwurfs- und Analysetechniken. Sie kennen weiterführende Algorithmen und Datenstrukturen und deren Ei- | |

| | |
|---|---|
| | genschaften.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of algorithmic design and analysis principles. They know advanced algorithms and data structures and their properties.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, algorithmische Probleme in verschiedenen Anwendungsgebieten zu identifizieren und zu formalisieren. Die Studierenden können unbekannte Algorithmen eigenständig verstehen, sie anwenden, ihre Laufzeit bestimmen, sie beurteilen und auf verwandte Problemstellungen übertragen.<br>—<br>The students have the ability to identify algorithmic problems in different application areas and to formalize them. They can understand and apply new algorithms on their own. Moreover, they can analyze their running time, evaluate them and adapt them to related problems.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz für gegebene Problemstellungen geeignete Entwurfs- und Analysetechniken auszuwählen und sie zu nutzen um eigene Algorithmen zu entwerfen, diese zu analysieren und ihre Eigenschaften nachzuweisen.<br>—<br>The students have the competence to select appropriate design and analysis techniques for given problems. They can further apply them to develop and analyze new algorithms. |
| Inhalt<br>Course content | Dieses Modul vertieft die Grundlagen der Algorithmik. Es werden fortgeschrittenen Analyse- und Entwurfstechniken für Algorithmen und Datenstrukturen vorgestellt, (z.B. amortisierte Analyse, dynamische Programmierung, Greedy, Divide & Conquer, Modellierung mit LPs) und deren Anwendung an konkreten Problemstellungen illustriert (z.B. Union-Find, Flussmethoden, Schnitte in Graphen, Spannbäume, Matchings). Darüber hinaus werden Techniken zum Umgang mit NP-schweren Problemen vermittelt.<br>—<br>This module deepens the fundamentals of Algorithms. Advanced design and analysis techniques for algorithms are presented (e.g., amortized analysis, dynamics programming, greedy, divide & conquer, Modeling with LPs) and their application is demonstrated for concrete examples (e.g., union-find, cuts |

| | |
|---|---|
| | and flows in graphs, spanning trees, matchings). Additionally, techniques for handling NP-hard problems are presented. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten) oder Klausur (ca. 90 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters durch Aushang und auf den Internetseiten der Fakultät bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein Thema der Algorithmik<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>—<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>Oral exam (about 25 minuts) or written exam (90 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on an Algorithms subject.<br>To pass the examination, both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: Introduction to Algorithms<br>Korte, Vygen: Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms |

| 5610 | Praktische Parallelprogrammierung<br>Practical Parallel Programming | PN 455371 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Fraser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Größlinger | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus area „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 85 Std. Übungsaufgaben / Programmierprojekte + 60 Std. Nachbereitung und Eigenstudium<br>75 contact hours + 85 hours exercises / programming projects + 60 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen mehrere parallele Architekturen und eine Reihe von verschiedenen Ansätzen zur Parallelprogrammierung kennen. Sie werden in die Lage versetzt, für eine vorliegende Problemstellung und parallele Plattform den ge- | |

| | |
|---|---|
| | eigneten Programmieransatz auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden erarbeiten sich das Verständnis eines Forschungspapiers zur Parallelisierung in unterstützem Selbststudium.<br>—<br>Students will learn several parallel architectures and a number of different approaches to parallel programming. They will be able to choose and apply the appropriate programming approach for the problem and parallel platform. Students aquire comprehension of a research paper on parallelization in assisted self-study.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studieren den beherrschen die Konzepte der Parallelisierung konkreter Anwenderprobleme und können diese für eine ausgewählte Programmiersprache umsetzen.<br>—<br>Students master the concepts of parallelization of specific user problems and implement them for a selected programming language.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Absolventen der Veranstaltung sind sich der Vielfalt paralleler Architekturen und Programmierungsansätze sowie den höheren Korrektsheits- und Performanzanforderungen paralleler Programme im Vergleich zu sequenziellen Programmen bewusst. Sie sind mit den Grundlagen der Performanzanalyse von parallelem Programmcode vertraut und haben Einblick in eine aktuelle Methode modellgetriebener Parallelisierung.<br>—<br>Graduates are aware of the diversity of parallel architectures and programming approaches as well as increased demands on the correctness and performance of parallel programs, compared with sequential programs. They are familiar with the basics of performance analysis of parallel program code and see into a current method of model-driven parallelization. |
| Inhalt<br>Course content | Es werden etwa ein halbes Dutzend verschiedene Paradigmen zur Parallelprogrammierung vorgestellt. Beispiele sind MPI, OpenMP, BSP, High-Performance Fortran und Java. Mindestens drei werden in Programmierprojekten vertieft. Es werden grundlegende Größen und Gesetze paralleler Berechnungen vorgestellt und theoretische Grundkenntnisse in der Spezifikation und Analyse von parallelen Abläufen vermittelt. Die Vor- und Nachteile verschiedener Vernetzungsmuster werden angesprochen.<br>—<br>It will present about a half dozen different paradigms for paral- |

| | |
|---|---|
| | lel programming. Examples include MPI, OpenMP, BSP, High-Performance Fortran and Java. At least three are engrossed in programming projects. It introduces basic sizes and laws of parallel computations and provides theoretical basic knowledge in the specification and analysis of parallel processes. The advantages and disadvantages of various networking patterns are addressed. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Implementierungen (Quellcode) zu mehreren Programmierprojekten mit je etwa 2 bis 3 Wochen Bearbeitungszeit.<br>Implementations (source code) for several programming projects, each with about 2 to 3 weeks processing time. |
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel, Overheadprojektor<br>Projector, blackboard, overhead projector |
| Literatur<br>Reading list | Foliensätze, Buchauszüge, Forschungspapiere<br>Ian Foster `http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/`: Designing and Building Parallel Programs. Addison-Wesley, 1994.<br>Michael J. Quinn `http://www.cs.orst.edu/~quinn/`: Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. McGraw-Hill, 2004. |

| 5710 Algorithmische Graphentheorie und perfekte Graphen PN 455414<br>Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes 2. Semester<br>Usually every other semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 6 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen<br>Algorithms and Data Structures |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe der algorithmischen Graphentheorie und die in diesem Zusammenhang wichtigsten Graphklassen und deren Charakterisierungen, nämlich perfekte Graphen, chordale Graphen, Vergleich- |

| | |
|---|---|
| | barkeitsgraphen, sowie Intervall-, Split-, und Permutationsgraphen.<br>—<br>The students know the fundamental notions of algorithmic graph theory along with the, in this context, most important graph classes and their characterizations. These are perfect graphs, chordal graphs, comparability graphd as well as interval, split, and permutation graphs.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Algorithmen zur Erkennung dieser Graphen sowie zur Lösung grundlegender algorithmischer Probleme auf diesen Graphen exemplarisch ausführen und analysieren.<br>—<br>The students can apply and analyze algorithms for recognizing and solving fundamental algorithmic problems on these graph classes.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz in angewandten Fragestellungen Teilprobleme zu identifizieren, die sich mittels dieser Graphklassen ausdrücken lassen, sowie neue Algorithmen für Probleme, die zu Problemstellungen aus der Vorlesung verwandt sind, auf diesen Graphklassen zu entwickeln.<br>—<br>The students have the competence to identify subproblems of applied questions that can be modeled using these graphs classes and to develop new algorithms for problems on these graph classes that are related to the topics of the lecture. |
| Inhalt<br>Course content | Viele grundlegende, in vielen Kontexten auftauchende Problemstellungen, etwa Färbungsprobleme oder das Finden von unabhängigen Mengen und maximalen Cliquen, sind in allgemeinen Graphen NP-schwer. Häufig sind in Anwendungen vorkommende Instanzen dieser schwierigen Probleme aber wesentlich stärker strukturiert und lassen sich daher effizient lösen. In der Vorlesung werden zunächst perfekte Graphen sowie deren wichtigste Unterklasse, die chordalen Graphen, eingeführt und Algorithmen für diverse, im allgemeinen NP-schwere Probleme, auf chordalen Graphen vorstellt. Anschließend werden vertiefte Konzepte wie Vergleichbarkeitsgraphen besprochen, mit deren Hilfe sich diverse weitere Graphklassen (Intervall-, Split-, und Permutationsgraphen) charakterisieren und erkennen lassen, sowie Werkzeuge zum Entwurf von spezialisierten Algorithmen für diese vorgestellt.<br>—<br>Many fundamental problems that appear in a multitude of |

| | |
|---|---|
| | contexts, such as coloring problems or finding maximum independent sets and maximum cliques, are NP-hard for general graphs. Often instances from practical applications have much more structure, and can be solved efficiently. The lecture first introduces perfect graphs and their most important subclass, the chordal graphs and presents efficient algorithms for solving various problems on these graphs, which are known to be NP-hard in the general case. Afterwards more advanced concepts like comparability graphs, which allow to characterize and recognize various other graphs classes such as interval, split, and permutation graphs, are covered along with tools and techniques for developing specialized algorithms for them. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>Oral exam of about 25 minutes. The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten/ von der Dozentin bekannt gegeben<br>Golumbic, Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs, 2nd. ed., Annals of Discrete Mathematics, vol. 57, Elsevier, 2004<br>Spinrad, Efficient Graph Representations, Field Institute Monographs, vol. 19, AMS, 2003<br>Course reader for the lecture. |

| 5712 | Algorithmen zur Visualisierung von Graphen<br>Algorithms for Graph Visualization | PN 455352 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen<br>Algorithms and Data Structures | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben systematisches Verständnis algorithmischer Fragestellungen und Lösungsansätze im Bereich der Visualisierung von Graphen, das auf dem bestehenden Wissen in den Themenbereichen Graphentheorie und Algorithmik | |

| | |
|---|---|
| | aufbaut. Sie können Begriffe, Strukturen und grundlegende Problemdefinitionen aus der Vorlesung erklären.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of algorithmic problems and solution approaches in the area of graph visualization, based on their prior knowledge in the area of graph theory and algorithms. They can explain the notions, structures, and fundamental problem definitions from the lecture.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Layoutalgorithmen für verschiedene Graphklassen exemplarisch ausführen, mathematisch präzise analysieren und ihre algorithmischen Eigenschaften beweisen. Zudem können die in der Vorlesung vorgestellten Komplexitätsresultate erklären und eigenständig ähnliche Reduktionsbeweise für neue Layoutprobleme führen.<br>—<br>The students can execute layout algorithms for different graph classes on examples, analyze them in a mathematically precise way, and they can argue their algorithmic properties. Moreover, they can explain the complexity results presented in the lecture and they are able to develop reductions for new layout problems that are similar to the ones from the lecture.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz zu einem gegebenen Layoutproblem einen passenden Algorithmus auszuwählen, und diesen ggf. den Anforderungen einer konkreten Problemstellung anzupassen. Zudem sind sie in der Lage Visualisierungsprobleme aus Anwendungen der Graphvisualisierung zu analysieren, zu modellieren, und auf Basis der erlernten Konzepte und Techniken Lösungen für dieses Modell zu entwerfen und deren algorithmische Eigenschaften nachzuweisen.<br>—<br>The students have the competence to select a suitable algorithm for a given layout problem, and to adapt it to the requirements of a concrete problem. Moreover, they are able to analyze and model visualization problems from practical applications and, based on the concepts and techniques from the lecture, they can develop solutions for these models and prove their algorithmic properties. |
| Inhalt<br>Course content | In vielen Anwendungen ist es nützlich auftretende Graphen und Netzwerke zu visualisieren. Dabei besteht das Kernproblem darin, das sogenannte Layoutproblem zu lösen, also den Knoten Koordinaten in der Ebene zuzuweisen und die Kanten auf Kurven zwischen den Endpunkten abzubilden. Je nach |

| | |
|---|---|
| | Anwendung werden dabei unterschiedliche Gütekriterien optimiert. Das Forschungsgebiet des Graphenzeichnens baut dabei auf Ansätze aus der Algorithmik, der Graphentheorie und der algorithmischen Geometrie auf. In der Veranstaltung wird eine repräsentative Auswahl an Visualisierungsproblem vorgestellt, deren Komplexität untersucht und zugehörige Algorithmen entworfen und analysiert.<br>—<br>In many applications it is useful to visualize graphs and networks. The core problem is to solve the so-called layout problem, which is to determine coordinates in the plane for the vertices and to map the edges to curves between their endpoints. Depending on the application, different optimization criteria apply. The Graph Drawing research area combines techniques from algorithms, graph theory, and computational geometry. The lecture provides a representative selection of visualization problems, for which the complexity is analyzed and corresponding algorithms are developed and analyzed. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>Oral exam (about 25 minutes); The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten/ von der Dozentin bekannt gegeben<br>G. Di Battista , P. Eades, R. Tamassia, I. G. Tollis: Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs, Prentice Hall, 1999.<br>M. Kaufmann und D. Wagner (eds): Drawing Graphs: Methods and Models, Springer LNCS 2025, 2001 |

| 5713 | Parametrisierte Algorithmen<br>Parameterized Algorithms | PN 455413 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes 2. Semester<br>Usually every other semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Effiziente Algorithmen<br>Algorithms and Data Structures, Efficient Algorithms | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe der parametrisierten Algorithmen und der zugehörigen Komplexitätstheorie. Sie kennen zudem verschiedene Entwurfstechniken zur Konstruktion parametrisierter Algorithmen. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students know the fundamental notions of parameterized algorithms and complexity. They know several techniques for the design of parameterized algorithms.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Verfahren exemplarisch ausführen, deren Funktionsweise erläutern und sie analysieren.<br>—<br>The students can apply the algorithms presented in the lecture on examples, can explain the way they work and are able to analyze them.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, die in der Vorlesung vorgestellten Techniken einzusetzen, um parametrisierte Algorithmen zu entwerfen. Sie sind in der Lage, diese zu bewerten und unter mehreren Alternativen die passendste Technik und Parametrisierung für ein gegebenes Problem auszuwählen.<br>—<br>The students have the competence to use the techniques presented in the lecture to construct parameterized algorithms. They are able to choose and evaluate the most fitting techniques and parametrization for a given problem. |
| Inhalt<br>Course content | Grundlagen parametrisierter Komplexitätstheorie, Entwurfstechniken für parametrisierte Algorithmen, z.B. Kernbildung, beschränkte Suchbäume, iterative Kompression, Baumweite und andere Graphparameter sowie untere Schranken.<br>—<br>Foundations of parameterized complexity, algorithmic techniques for parameterized algorithms, e.g., kernelization, bounded search trees, iterative compression, treewidth and other graph parameter, and lower bounds. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>Oral exam (about 25 minutes); The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | M. Cygan, F.V. Fomin, L. Kowalik, D. Lokshtanov, D. Marx, M. Pilipczuk, M. Pilipczuk, S. Saurabh, Parameterized Algorithms, Springer, 2015 |

| 5715 Einführung in die Topologische Datenanalyse<br>Introduction to Topological Data Analysis | PN 482115 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADM“<br>Focus „DADM“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 75 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 75 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 7 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Es werden Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen und linearer Algebra vorausgesetzt.<br>The course assumes knowledge of algorithms and data structures and linear algebra. |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte, Techniken und Resultate der topologischen Datenanalyse (TDA). Sie kennen die einzelnen Schritte der TDA-Pipeline und kön- |

| | |
|---|---|
| | nen diese eigenständig auf Beispiele anwenden und die Ergebnisse erläutern und interpretieren. Sie besitzen zudem einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schritten der TDA-Pipeline und kennen deren Eigenschaften insbesondere im Hinblick auf Stabilität. Sie haben das erforderliche Wissen, um TDA in eigenen Projekten anzuwenden und sind in der Lage aktuelle Arbeiten aus dem Gebiet zu lesen und zu verstehen.<br>—<br>Students know the fundamental concepts, techniques and results from topological data analysis (TDA). They know the individual steps of the TDA pipeline and can apply them to examples and explain and interpret the results. They further have an overview of the interconnections of the different steps of the TDA pipeline, in particular with respect to stability. They have the required knowledge to apply TDA in their own projects and they are able to read and understand current works from this area. |
| Inhalt<br>Course content | Topologische Datenanalyse (TDA) ist ein relativ junges Gebiet der Informatik, in dem Techniken aus der Computergeometrie und der algebraischen Topologie verwendet werden, um die Form von Daten zu analysieren und zu quantifizieren. Die grundlegende Idee besteht darin, aus einer Engabepunktmenge zunächst eine Filtration von ineinander enthaltenen topologischen Räumen zu erzeugen und anschließend deren Struktur hinsichtlich des Vorhandenseins von Löchern zu untersuchen. Löcher mit hoher Persistenz, die also über einen großen Teil der Filtration hinweg bestehen, beschreiben strukturelle Eigenschaften der zugrundeliegenden Daten. Die resultierenden Persistenzdiagramme können anschließend direkt interpretiert werden, oder als Eingabe für weitere Verarbeitungsschritte etwa im Machine Learning dienen.<br>Die Vorlesung führt in die typologische Datenanalyse ein. Dazu gehören mathematische Grundbegriffe aus der Topologie (Simpliziale Komplexe, Homologie), Filtrationen und persistente Homologie, verschiedene Komplexe auf Punktwolken (Cech-Complex, Vietoris-Rips-Komplex, Delaunay-Complex, Witness-Complex), Persistenz-Diagramme und Abstandsmaße sowie die TDA-Pipeline, Reeb-Graphen und der Mapper-Algorithmus. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Vermittlung der Theorie der topologischen Datenanalyse und der zugehörigen Algorithmen. Zudem werden einige Anwendungen vorgestellt.<br>—<br>Topological Data Analysis (TDA) is a relatively new subfield |

| | |
|---|---|
| | of computer science that uses techniques from computational geometry and algebraic topology to analyze and quantify the shape of data. The main idea is to construct from an input point set a filtration of topological spaces whose structure is then analyzed in terms of the existence of holes and voids. Holes with large persistence, that is holes that persist for a large part of the filtration, describe structural properties of the underlying data. The result is encoded in so-called persistence diagrams, which can be interpreted directly or can be used as input for subsequent processing, for example using Machine Learning.<br>This course is an introduction to topological data analysis. This includes a background of mathematical notions from topology (simplicial complexes, homology), persistent homology, different simplicial complexes on point clouds (Cech-complex, Vietoris-Rips-complex, Delaunay-complex, Witness-complex), persistence diagrams and distance measures as well as the TDA pipeline, Reeb Graphs and the Mapper algorithm. A focus lies on presenting the theory of topological data analysis and the accompanying algorithms. Additionally, some applications are presented. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Klausur (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br><br>Written exam (90 minutes) or oral exam (30 minutes). The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Main Source:<br>Tamal K.Dey, Yusu Wang: Computational Topology for Data Analysis, 2021<br><br>Additional ressources:<br>Herbert Edelsbrunner, John Harer: Computational Topology: An Introduction, American Mathematical Society, 2010<br>Gunar Carlsson, Mikael Vejdemo-Johansson: Topological Data Analysis with Applications, Cambridge University Press, 2021<br>Allen Hatcher: Algebraic Topology, Cambridge University Press, 2002 |

| 5721 | Foundations of Energy Systems | PN 455361 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | De Meer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | De Meer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Rechnernetze<br>Computer Networks | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen aktuelle und zukünftige Konzepte der Kommunikation zwischen Rechnern und anderen Elementen kennen. Sie erhalten Kenntnisse über den Aufbau und den praktischen Einsatz von Sensornetzwerken, Virtualisierung und den Smart Grid, sowie der praktischen Bedeutung und Umset- | |

| | |
|---|---|
| | zung von Energieeffizienz.<br>—<br>The students will learn about current and future concepts of communication between computers and other elements. They will gain knowledge of the structure and practical application of sensor networks, virtualization, and the Smart Grid as well as the practical importance and implementation of energy efficiency.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden entwickeln Fertigkeiten im Design und im Entwurf der Architektur und Analysemethoden bei oben genannten Formen der Netzwerke. Sie erhalten die Fähigkeit die Veränderungen und Weiterentwicklungen, die mit dem Internet geschehen zu verstehen und auf Sensornetze und den Smart Grid etc. anzuwenden. Insbesondere wird die Fähigkeit zur Bestimmung erforderlicher Parameter erlangt.<br>—<br>Students will develop skills designing architecture and analysis methods in the above types of networks. They will gain the ability to understand the changes and developments undergone by the Internet and apply these to sensor networks and the Smart Grid, among other things. In particular, they will be able to determine the required parameters.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind in der Lage, an Hand der Anforderungen selbstständig den Aufbau von aktuellen und zukünftigen heterogenen Netzwerken nachzuvollziehen und neue Netzwerke zu konzipieren. Im Rahmen von Studienprojekten wird die Kompetenz zur praktischen und theoretischen Forschungsarbeit erlangt sowie zu dieser eigene wissenschaftliche Beiträge zu verfassen.<br>—<br>The students will be able to independently understand – with reference to the given requirements – the structure of current and future heterogeneous networks, and design new networks. As part of study projects, practical and theoretical research expertise will be acquired and used in scientific papers. |
| Inhalt<br>Course content | Diese Vorlesung schließt an „Rechnernetze“ an und vertieft das Wissen über die Vernetzung von Rechnern und dem Umgang mit einem Netz von heterogenen Netzen, sowie dessen Beherrschung. Es wird in die Themen Energieeffizienz, Sensornetzwerke, Virtualisierung und Smart Grid eingeführt.<br>—<br>This course builds on “Computer Networks“ and consolidates students’ knowledge of computer networks and heterogeneous |

| | |
|---|---|
| | network maintenance and control. Students are introduced to the concepts of energy efficiency, sensor networks, virtualization, and Smart Grid. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Je nach Teilnehmerzahl mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten) oder Klausur (90 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written or oral exam of about 20 minutes, depending on the number of participants. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Math H. J. Bollen, Fainan Hassan, Integration of Distributed Generation in the Power System, Wirely, 2011<br>Ali Keyhani, Design of Smart Power Grid Renewable Energy Systems, Wiley, 2011<br>Holger Karl, Andreas Willig, Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks, Wiley, 2005<br>A. Berl, A. Fischer, and H. de Meer. Using System Virtualization to Create Virtualized Networks. Workshops der Wissenschaftlichen Konferenz Kommunikation in Verteilten Systemen (WowKiVS2009), Kassel, Germany, March 2-6, 2009. vol. 17, EASST, 2009. |

| 5730 | Optimierung | PN 471765 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Harks | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 contact hours, 90 + 90 hrs independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der Optimierung sowie die theoretischen Grundlagen der Algorithmen.<br>—<br>The students get to know the basic challenges and methods of optimization and their theoretical foundations.<br>Fähigkeiten / Abilities | |

| | |
|---|---|
| | Die Studierenden können Optimierungsprobleme modellieren und geeignete Lösungsverfahren auswählen oder selbst implementieren. Weiterhin haben sie sich grundlegende theoretische Einsichten zur Klassifizierung eines gegebenen Optimierungsproblems hinsichtlich einer Charakterisierung und Sensitivitätsanalyse von Optimallösungen angeeignet. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, numerische Verfahren für nichtlineare Problem zu implementieren und anzuwenden.<br>—<br>Students are able to model optimization problems, classify them and subsequently know how to choose what kind of optimization solver or algorithm. They have gained a thorough theoretical understanding of the basic properties of optimal solutions in terms of characterizations and sensitivity results. Moreover, they are able to implement and apply numerical methods for nonlinear problems.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, Optimierungsprobleme zu modellieren, zu bewerten und mit Rechnerunterstützung zu lösen, insbesondere sind sie in der Lage Verfahren für nichtlineare Problem zu implementieren und anzuwenden.<br>—<br>The students are able to model practical problems as optimization problems and to select the right solution Methodology including algorithms for nonlinear optimization problems. |
| Inhalt<br>Course content | Modellierung von Optimierungsproblemen, Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität, Numerische Verfahren für nichtlineare Optimierungsprobleme<br>—<br>Modelling of optimization problems, linear optimization, simplex method, nonlinear optimization, KKT theorems, duality, numerical methods for nonlinear problems |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 2 Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%): 120 minütige Klausur über die Gebiete oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität.<br>Teilleistung 2 (20%): 30 minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 15 Minuten); Numerische Verfahren für nichtlineare Probleme.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts: |

| | |
|---|---|
| | Part 1 (80%): Exam (120 minutes) or oral exam (ca. 30 minutes); Linear and nonlinear optimization, simplex method, KKT theorems, duality.<br>Part 2 (20%): Exam (30 minutes) or oral exam (ca. 15 minutes); Numerical algorithms for nonlinear problems.<br>For passing the modul, both parts need to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb<br>Blackboard, videos in case of virtual lecture |
| Literatur<br>Reading list | Skriptum |

| 5732 | Ideals in Numerical Applications | PN 455363 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent, Grundlagen Algebra<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent, Basic Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungsrelevanten Konzepte und Techniken der Computeralgebra für Idealtheorie deren Anwendung auf und Numerische Probleme. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Beweistechniken nachvollziehen, auf verwandte Probleme aus Theorie Anwendungsfragen übertragen und auf dieser Basis Algorithmen entwickeln.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, die Konzepte und Methoden der Computeralgebra zu verstehen, und geeignete Techniken für Anwendungsprobleme auszuwählen und zu evaluieren. |
| Inhalt<br>Course content | The euclidean algorithm; Ideals and bases; Polynomial interpolation; Filters, filterbanks and wavelets; Prony's problem and dual convolutions; Subdivision methods |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten)<br>30-minute oral examination |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | Cohen, A. M., Cuypers, H., Sterk, M., editors (1999). Some Tapas of Computer Algebra , volume 4 of Algorithms and Computations in Mathematics. Springer.<br>Cox, D., Little, J., O'Shea, D. (1996). Ideals, Varieties and Algorithms. Undergraduate Texts in Mathematics. Springer–Verlag, 2. edition.<br>Eisenbud, D. (1994). Commutative Algebra with a View Toward Algebraic Geometry, volume 150 of Graduate Texts in Mathematics. Springer.<br>Gathen, J. v. z., Gerhard, J. (1999). Modern Computer Algebra. Cambridge University Press. |

| 5733 | Wavelets | PN 471870 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II, Numerische Mathematik<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II, Numerical Mathematics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master AI Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die wichtigsten Resultate aus der Theorie der Wavelets und deren Verwendung in Anwendungen im Bereich der Digitalen Signalverarbeitung.<br>— | |

| | |
|---|---|
| | The students know the fundamental results from the theory of wavelets and their applications in the field of digital signal processing.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Beweistechniken aus dem Gebiet der Wavelets nachvollziehen und auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und auf dieser Basis Algorithmen entwickeln.<br>—<br>The students can reproduce proof techniques used in wavelets and to transfer them to related problems from applications. On this basis the can develop algorithms.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, sich Techniken aus dem Gebiet zu erschließen und passend für Anwendungsprobleme auszuwählen und zu evaluieren.<br>—<br>The students have the competency to unravel techniques from the field, to select appropriate ones for application problems and to evaluate them. |
| Inhalt<br>Course content | Fourier Analysis, Topological Groups; Continuous Wavelet Transform; Frames and Groups; Filterbanks & Wavelets; Refinable Functions & Subdivision; Shearlets |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or 20-minute oral examination; the mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | Holschneider, M. (1995). Wavelets: an analysis tool. Clarendon Press, Oxford.<br>Loomis, L. H. (1953). Introduction to Abstract Harmonic Analysis. Van Nostrand. Dover reprint, 2011.<br>Meyer, Y. (1993). Wavelets - Algorithms and Applications. SIAM.<br>Schüßler, H. W. (1992). Digitale Signalverarbeitung. Springer, 3. edition.<br>Vetterli, M., Kovačević, J. (1995). Wavelets and Subband Coding. Prentice Hall. |

| 5734 | Mathematical Foundations of Machine Learning | PN 455394 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis II, Numerik, Stochastik<br>Analysis II, Numerics, Stochastics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden sollten die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der Lerntheorie kennen und verstehen.<br>—<br>The students know and understand basic problems and methods of learning theory. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Verfahren der Lerntheorie bewerten, selbständig evaluieren, auf praktische Fragestellungen anwenden und einfache Erweiterungen der Verfahren entwickeln.<br>—<br>The students will be able to assess methods of learning theory, to evaluate the methods for themselves and to use the methods in practical problems. Furthermore, they are able to develop simple extensions of the methods.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Teilnehmer können algorithmische Konzepte der Lerntheorie auf ihre Effizienz und Wirksamkeit beurteilen und eigenständig implementieren.<br>—<br>The students are able to assess algorithmic concepts of learning theory with respect to performance and efficacy and to implement the concepts independently. |
| Inhalt<br>Course content | Grundlegende Fragestellungen:<br>• Entscheidungsprobleme<br>• Klassifizierungsproblem<br>Verfahren:<br>• Neuronale Netzwerke<br>• Support Vector Machines<br>Grundlagen:<br>• Grundlagen der nichtlinearen Optimierung<br>• Numerische Fragestellungen<br>• Approximationstheoretische Methoden<br>• Bezüge zur Statistik<br>• Reproduzierende Kerne<br>—<br>Basic problems:<br>• Decision problems<br>• Classification problems<br>Methods:<br>• (Artificial) neural networks<br>• Support Vector Machines<br>Basics:<br>• Introduction to nonlinear optimization<br>• Numerical problems<br>• Methods from approximation theory<br>• Connections with statistics<br>• Reproducing Kernels |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90minütige Abschlussklausur oder ca. 30 Minuten mündliche Prüfung (wird am Anfang der Veranstaltung mitgeteilt) |

| | |
|---|---|
| | 90-minute written examination or 30-minute oral examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester) |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Folien, Tafel, Skript<br>Presentation projector, slides, blackboard, lecture notes |
| Literatur<br>Reading list | C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning<br>B. Schöllkopf, A. Smola, Learning with Kernels<br>T. Hastie, R. Tibshirami, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning<br>F. Cucker, D.X. Zhou, Learning Theory<br>Skriptum zur Vorlesung vollständig ausgearbeitet und gedruckt / Lecture Notes |

| 5736 | Kettenbrüche<br>Continued Fractions | PN 456354 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II, Numerische Mathematik<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II, Numerical Mathematics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die wichtigsten Resultate aus der Theorie der Kettenbrüche und deren Verwendung in Anwendungen. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students know the fundamental results from the theory of continued fractions and their use in applications.<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Beweistechniken aus dem Gebiet der Kettenbrüche nachvollziehen und auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und auf dieser Basis Algorithmen entwickeln.<br>—<br>The students understand methods to prove results in continued fractions and can transfer these techniques to related problems. Particularly, in applications they can also derive algorithms on this basis.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, sich Techniken aus dem Gebiet zu erschließen und passend für Anwendungsprobleme auszuwählen und zu evaluieren.<br>—<br>The students are capable to explore technqiues and methods, to choose appropriate ones for application problems and to evaluate the outcome. |
| Inhalt<br>Course content | Applications of continued fractions; continued fractions and number theory; continued fractions and polynomials: quadrature, orthogonal polynomials, Sturm chains, Padé approximation; signal processing, Hurwitz and Stieltjes |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>90-minute written examination or 20-minute oral examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester) |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | F. R. Gantmacher, Matrix Theory. Vol. II, Chelsea Publishing Company, 1959, Reprinted by AMS, 2000.<br>W. Gautschi, Numerical analysis. an introduction, Birkhäuser, 1997.<br>A. Ya. Khinchin, Continued fractions, 3rd ed., University of Chicago Press, 1964, Reprinted by Dover 1997.<br>O. Perron, Die Lehre von den Kettenbrüchen I/II, 3rd ed., B. G. Teubner, 1954. |

| | |
|---|---|
| | T. Sauer, Continued Fractions and Signal Processing, Springer, 2012. |

| 5739 | Geometric Modeling Project | PN 455355 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungsrelevanten Konzepte und Techniken der Computeralgebra für Idealtheorie deren Anwendung auf und Numerische Probleme.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können mit den im CAGD üblichen Kurven- | |

| | |
|---|---|
| | und Flächentypen umgehen, Algorithmen zum Umgang mit ihnen entwickeln sowie Eigenschaften der Objekte und Algorithmen mathematisch formulieren und beweisen. Sie können außerdem konkrete Objekte konstruieren, reproduzieren oder generieren.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, die Funktionsweise von CAD-Systemen zu verstehen, geeignete Kurven- und Flächentypen für Modellierungsprobleme auszuwählen und in konkreten Fragestellungen einzusetzen. |
| Inhalt<br>Course content | Differentialgeometrische Eigenschaften von Kurven und Flächen, Kurvenprimitive im CAD: Polynome, Splines, rationale Kurven. Methoden zur Flächengenerierung: Blending, Tensorprodukt. Untersuchung von geometrischen Differenzierbarkeitseigenschaften. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Erstellung eines Prototypen und Präsentation (30min) zum Projekt und dessen Durchführung<br>Production of a prototype and presentation (30min) about the project and its implementation |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten bekannt gegeben |

| 5753 | Distributionentheorie<br>Generalized Function Theory | PN 455360 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Forster-Heinlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Modulgruppe „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungsrelevanten Konzepte und Techniken der Distributionentheorie.<br><br>Fähigkeiten / Abilities | |

| | |
|---|---|
| | Die Studierenden können die Beweistechniken der Distributionentheorie nachvollziehen und auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen überragen und auf dieser Basis eigene Beweise entwickeln.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, die Konzepte und Methoden der Distributionentheorie zu verstehen, und geeignete Analysetechniken der Distributionentheorie für Anwendungsprobleme auszuwählen oder zu entwickeln und anzuwenden. |
| Inhalt<br>Course content | Inhalt:<br>• Lokalkonvexe topologische Räume, Raum der Testfunktionen, Raum der Distributionen<br>• Charakterisierung von Distributionen, Konvergenz, lokales Verhalten<br>• Cauchy-Hauptwert<br>• Integration von Distributionen und Anwendung auf gewöhnliche Differentialgleichungen<br>• Faltung von Distributionen<br>• Fourier-Transformation, Schwartz-Raum und temperierte Distributionen |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>20-minute individual oral examination or 90-minute written examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Übungsblätter<br>Board, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | Primary:<br>• Walter Rudin. Functional Analysis. McGraw-Hill.<br>• Wolfgang Walter. Einführung in die Theorie der Distributionen. B.I.-Wissenschaftsverlag.<br>• Ahmed I. Zayed. Handbook of function and generalized function transformations. CRC Press.<br><br>Secondary:<br>• D. C. Champeney. A handbook of Fourier theorems. Cambridge University Press.<br>• D. S. Jones. Generalized functions. McGraw-Hill.<br>• Michael Reed and Barry Simon. Methods of Modern Mathematical Physics I : Functional analysis. Academic |

| | |
|---|---|
| | Press.<br>• Laurent Schwartz. Théorie des distributions. Hermann.<br>• François Treves. Topological Vector Spaces, distributions and kernels. Academic Press. |

| 5754 | Constructive Approximation | PN 405244 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungsrelevanten Konzepte und Techniken der Approximationstheorie.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Beweistechniken der Approximati- | |

| | |
|---|---|
| | onstheorie nachvollziehen und auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und auf dieser Basis Algorithmen entwickeln.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, die Konzepte und Methoden der Approximationstheorie zu verstehen, und geeignete Approximationtechniken für Anwendungsprobleme auszuwählen und zu evaluieren. |
| Inhalt<br>Course content | Qualitative Approximation: Dichtheitsaussagen und Approximation in linearen Räumen; Shape preserving approximation; Quantitive Approximation mit trigonometrischen und algebarischen Polynomen; Translationsinvariante Räume und Wavelets; Der Satz von Kolmogoroff und Neuronale Netze |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or oral examination (approx 20 minutes). The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation, projector |
| Literatur<br>Reading list | G. G. Lorentz. Approximation of functions. Chelsea Publishing Company, 1966.<br>I. Daubechies. Ten Lectures on Wavelets, volume 61 of CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. SIAM, 1992.<br>P. J. Davis. Interpolation and Approximation. Dover Books on Advanced Mathematics. Dover Publications, 1975. |

| 5754 | Approximationstheorie | PN 451403 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Forster-Heinlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std. Präsenz, 60+60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30+30 contact hours, 60+60 hours self-study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Schlüsselprinzipien asymptotischer Expansionen und linearer Approximation.<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der linearen Approximation und spezielle asymptotische Expansionen bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen der Mathe- | |

| | |
|---|---|
| | matik und der Naturwissenschaften anzuwenden. |
| Inhalt<br>Course content | • Grundkonzepte asymptotischer Expansionen<br>• Methode partieller Integration<br>• Euler-Maclaurin Summationsformel<br>• Laplace-Methode<br>• Methode des steilsten Abstiegs<br>• Lineare Tchebysheff Approximation |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 60-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>60-minute written examination or oral examination (approx 20 minutes). The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Übungsblätter<br>Blackboard, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | G. G. Lorentz. Approximation of functions. Chelsea Publishing Company, 1966.<br>I. Daubechies. Ten Lectures on Wavelets, volume 61 of CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. SIAM, 1992.<br>P. J. Davis. Interpolation and Approximation. Dover Books on Advanced Mathematics. Dover Publications, 1975. |

| 5756 | Funktionalanalysis<br>Functional Analysis | PN 485367 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Prochno | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Prochno | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder Grundlagen der Mathematik 1,2<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or the foundations of mathematics 1 and 2 | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden theoretischen Techniken, um lineare Funktionale und Operatoren in topo- | |

| | |
|---|---|
| | logischen Vektorräumen, insbesondere Banach- und Hilbert-Räumen, zu analysieren.<br>—<br>Students know the basic theoretical techniques to analyze linear functionals and operators in topological vector spaces, in particular Banach and Hilbert spaces.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der Funktionalanalysis bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen der Mathematik und der Naturwissenschaften anzuwenden. Die Studierenden sind ferner in der Lage, ein Thema aus der Funktionalanalysis eigenständig in einer Ausarbeitung darzustellen.<br>—<br>Students are able to apply the methods of functional analysis to specific, topical problems in mathematics and the natural sciences. In additon, the students will be able to present a topic in functional analysis in a short essay indebendently. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Topologische Vektorräume<br>• Normierte Räume und Vollständigkeit<br>• Lineare Operatoren zwischen normierten Räumen<br>• Satz von der offenen Abbildung, Satz vom abgeschlossenen Graphen und Satz von Baire<br>• Hahn-Banach Sätze und Konsequenzen<br>• Satz von Banach-Steinhaus<br>—<br>The following topics are covered:<br>• Topological vector spaces<br>• Normed spaces and completeness<br>• Linear operators between normed spaces<br>• Open mapping theorem, closed graph theorem and Baire's theorem<br>• Hahn-Banach theorems and consequences<br>• Theorem of Banach-Steinhaus |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema der Funktionalanalysis.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen be- |

| | |
|---|---|
| | standen werden.<br>Examination in two parts<br>Part 1 (80%):<br>120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject from Functional Analysis.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Übungsblätter<br>Board, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | W. Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991.<br>M. Reed/B. Simon, Functional Analysis, Academic Press, 1972.<br>D. Werner: Funktionalanalysis, Springer, 2007.<br>F. Hirzebruch, W. Scharlau: Einführung in die Funktionalanalysis, BI-Hochschulbücher, 1991. |

| 5757 | Fourier- und Laplace-Transformation<br>Fourier and Laplace Transforms | PN 451405 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Forster-Heinlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Modulgruppe „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden theoretischen Methoden der Fourier- und Laplace-Transformation.<br>—<br>Students are familiar with the basic theoretical methods of | |

| | |
|---|---|
| | Fourier and Laplace transform.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, Funktionen, die in konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen der Mathematik und der Naturwissenschaften auftreten, anhand von Fourier-Techniken zu analysieren.<br>—<br>Students are able to analyze functions that occur in specific questions on current topics in mathematics and the natural sciences using Fourier techniques. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Fourier-Reihen<br>• Fourier-Integrale in $L^1$ und $L^2$<br>• Poisson-Summationsformel<br>• Abtastsatz<br>• Paley-Wiener-Satz<br>• Lokale Transformationen und die Heisenbergsche Unschärferelation<br>• Laplace-Transformation und ihre Inversion<br>—<br>The following topics are covered:<br>• Fourier series<br>• Fourier integrals in $L^1$ und $L^2$<br>• Poisson summation formula<br>• Sampling theorem<br>• Paley-Wiener Theorem<br>• Local transformations and the Heisenberg uncertainty principle<br>• Laplace transform and its inversion |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>20-minute individual oral examination or 90-minute written examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Übungsblätter<br>Board, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | Richard E. Bellman and Robert S. Roth. The Laplace Transform. World Scientific, 1984.<br>Yitzhak Katznelson. An introduction to harmonic analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1968.<br>Rupert Lasser. Introduction to Fourier Series, volume 199 of Monographs and textbooks in pure and applied mathematics. |

| | |
|---|---|
| | Marcel Dekker, Inc., New York, 1996.<br>Stéphane Mallat. A wavelet tour of signal processing. Academic Press, San Diego, 1997.<br>Jayakumar Ramanathan. Methods of Applied Fourier Analysis. Birkhäuser, 1998.<br>Joel L. Schiff. The Laplace Transform. Springer, 1999.<br>P. Wojtaszczyk. A Mathematical Introduction to Wavelets. Number 37 in London Mathematical Society Student Texts. Cambridge University Press, 1997.<br>Robert M. Young. An Introduction to Nonharmonic Fourier Series. Academic Press, New York, 1980. |

| 5762 | Sicheres Rechnen<br>Secure Computation | PN 455372 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Katzenbeisser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Katzenbeisser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Advanced IT Security | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse im Bereich des Sicheren Rechnens, womit sensitive Daten auf nicht vertrauenswürdigen Plattformen sicher verarbeitet werden können. Sie lernen verschiedene Ansätze zur Konstruktion | |

| | |
|---|---|
| | von Verfahren und Protokollen des Sicheren Rechnens basierend auf verschiedenen kryptographischen Verfahren.<br>—<br>Students acquire basic knowledge of secure computation techniques, which can be used to process sensitive data on untrustworthy computing platforms. They learn various approaches to the construction of secure computation methods and protocols based on various cryptographic primitives.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden lernen Einsatzbereiche von Techniken des Sicheren Rechnens kennen. Sie erwerben die Fähigkeit, Techniken des Sicheren Rechnens in der Praxis umzusetzen.<br>—<br>Students learn the application domains of techniques of secure computation. Furthermore, they acquire the abilities to implement secure computation in practice.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden lernen die Sicherheit von Techniken des Sicheren Rechnens zu beurteilen und die für einen Anwendungsfall geeigneten Methoden zu selektieren.<br>—<br>Students learn to analyze the security of techniques of „secure computation“ and are able to select the appropriate methods for a given problem domain. |
| Inhalt<br>Course content | Das Modul betrachtet die grundlegenden Konstruktionen des Sicheren Rechnens, die auf homomorpher Verschlüsselung, Garbled Circuits oder Secret Sharing basieren. Darüberhinaus werden prominente Anwendungen besprochen sowie Programmierwerkzeuge für Sicheres Rechnen vorgestellt.<br>—<br>The module includes a discussion of the basic techniques to construct secure computation solutions, which are based on homomorphic encryption, garbled circuits or secret sharing. Furthermore, prominent applications will be discussed and programming tools for secure computation will be reviewed. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 60 Minuten Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung je nach Anzahl der Hörer; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Written exam (60 minutes) or oral exam (about 20 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |

| | |
|---|---|
| Literatur<br>Reading list | Nach Ansage in der Vorlesung<br>Announced during the lecture |

| 5771 | Multimedia-Datenbanken<br>Multimedia Databases | PN 405031 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kosch | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kosch | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 85 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 50 hrs exercises + 85 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering, Master Wirtschaftsinformatik<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering, Master Information Systems | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Techniken der Multimediaverarbeitung und der Extraktion von beschreibenden Multimediaeigenschaften sowie Ähnlichkeitsvergleich | |

| | |
|---|---|
| | von multimedialen Medien und den Aufbau von Multimedia-Datenbankmanagementsystemen und der Programmierung von Multimedia-Datenbanken.<br>—<br>Students will acquire knowledge of techniques for multimedia processing and extraction of descriptive multimedia features and the development of multimedia database management systems and programming of multimedia databases.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden haben die Fähigkeit zur praktischen Spezifikation von Multimediaanfragen, Umsetzung und Optimierung von Multimediaanfragen und zum Einsatz von Multimediastandards.<br>—<br>Students will acquire the ability to perform practical specification of multimedia requests, implementation and optimization of multimedia queries and the use of multimedia standards.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz zur Übertragung der Datenbankkenntnisse auf Multimediadaten, Erweiterungen von SQL und Beherrschung von objekt-relationalen Konstrukten am Beispiel Multimedia, technischer Umgang mit Medien, Management von Multimediadaten im Allgemeinen.<br>—<br>Students will acquire the competence to transfer the database knowledge on multimedia data, extensions of SQL and mastery of object-relational constructs for multimedia, technical dealing with the media, management of multimedia data in general. |
| Inhalt<br>Course content | Neue Medienstandards (hier vor allem von MPEG - MPEG-4 AVC oder von MPEG abgeleitet divX, mp3) und immer bessere Aufnahmegräte haben der medienverarbeitenden Industrie in den letzten Jahren einen großen Ruck gegeben. Neue Methoden und Werkzeuge sind entstanden, welche die Masse an aufgenommenen und gesendeten Daten verwalten können. Der Wert der Information hängt wesentlich davon ab, wie leicht die Daten gesucht und nach ihrem Inhalt verwaltet werden können. Dazu werden exklusiv Multimedia-Datenbanken eingesetzt. Die Multimedia-Suche unterscheidet sich dabei wesentlich von einer textuellen Suche. Wir unterscheiden dabei die inhaltsbasierte Suche, welche sich z.B. auf Farb-, Kontur, und Texturverteilungen für visuelle Medien stützt und Bild-zu-Bild Vergleiche ermöglicht. Präzisere Verfahren basieren auf einer Regions-basierten Suche, die versucht Teile eines Bildes oder Videos zu erkennen. Die semantische |

Suche ermöglicht das Auffinden von Medien anhand der in den Medien mitspielenden Personen, oder dargestellten Orte/Ereignisse. Ein Multimedia-Datenbanksystem stellt hier die notwendigen Funktionen zur Medienmanipulation bereit und ermöglicht gleichzeitig die inhaltsbasierte und semantische Suche und dass auch in großen Datenmengen, welches durch entsprechende intelligente Indexstrukturen ermöglicht wird.
Inhaltliche Gliederung:
Content-Based Indexing und Retrieval (visuelle Medien): Farbtheorie und Darstellung, kurzer Überblick über weitere Beschreibungsmerkmale wie Textur, Kanten, Extraktion von Merkmalen Retrievalsysteme und Demos Multimediadatenmodellierung (in XML: MPEG-7)
Multimedia DBMS:
Multimedia Zugriffsstrukturen, hier vor allem die Familie der R-Trees, SS-Trees und SR-Trees
Multimedia Anfrageverarbeitung und Optimierung
Programmierung von Multimedia-DBMS
Überblick über gängige MMDB-Produkte und Forschungsprototypen
—

New media standards (here especially MPEG - MPEG-4 AVC or derived from MPEG DivX, mp3) and better recording devices in the media processing industry have been developed in recent years. New methods and tools are developed, which can manage the mass of recorded and transmitted data. The value of information largely depends on how easily the data can be searched and managed according to their content. These multimedia databases are used exclusively. The multimedia search here differs substantially from textual search. We distinguish content-based search, which for example is to enable color, contour, and texture based distributions for visual media and image-to- image comparisons. More accurate methods are based on a region -based search, which tries to identify parts of an image or video. The semantic search allows you to find media based on the fellow in the media persons, or places/events portrayed. A multimedia database system provides here the necessary functions for media manipulation and at the same time enables the content-based and semantic search and that too in large amounts of data, which is made possible due to intelligent index structures.
Content structure:
Content -Based Indexing and Retrieval (visual media): color theory and presentation, brief overview of description of features such as texture, edges, extraction of features, retrieval

| | |
|---|---|
| | systems and demos of multimedia data modeling (in XML: MPEG -7)<br>Multimedia DBMS:<br>Multimedia access structures, especially the family of R-trees, SS-trees and SR- Trees<br>Multimedia Anfrageverarbeitung and optimization<br>Programming of multimedia DBMS<br>Overview of common MMDB products and research prototypes |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 minütige schriftliche Klausur<br>90-minute written examination |
| Medienformen<br>Media used | Folien-orientierte Vorlesung, Tafelbenützung bei Beispielen, zusätzlichen Erläuterungen und zu erklärenden Sachverhalten: Wöchentliche Übungen in kleinen Gruppen. Dabei werden Präsenzaufgaben sowie die Musterlösungen zu den Übungsaufgaben vorgerechnet<br>Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Übungsaufgaben, selbständiges Studium von sekundärer Literatur<br>Folienskript ist vorhanden und über Stud.IP zugänglich.<br>—<br>Slides-oriented lecture, panel use with examples, additional explanations and explanatory facts: Weekly tutorials in small groups. The presence tasks and the sample solutions are precalculated to the exercises<br>Expected activities of students: Participation in compulsory and voluntary tutorials, independent study of secondary literature<br>Slide script is accessible and available through Stud.IP |
| Literatur<br>Reading list | Harald Kosch: "Distributed Multimedia Database Technologies supported by MPEG-7 and MPEG-21", CRC Press, November 2003, ISBN 0-8493-1854-8<br>Klaus Meyer-W egener: „Multimediale Datenbanken- Einsatz von Datenbanktechnik in Multimedia-Systemen", 2. Auflage 2004, Teubner Verlag, ISBN 3-519-12419-X. |

| 5772 Data Modelling and Data Processing in the Internet of Things | PN 455386 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kosch |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kosch, Käbisch |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 + 15 Std. Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben, Vor- und Nachbereitung<br>30 + 15 contact hours + 105 hrs exercises, independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Grundlagen der aktuellen Datenmodellierungs-Ansätze und deren Verarbeitung im Kontext der Internet of Things (IoT) Domäne. Sie können Datenmodelle von beteiligten IoT Systemen beschreiben und wenden |

| | |
|---|---|
| | Techniken an, um diese zu verarbeiten und zu interpretieren, um u.a. eine Interaktion zu anderen IoT Systemen zu ermöglichen (Plug&Play). Sie kennen den Einsatz von standardisierten (semantischen) Web-Technologien im Umfeld von W3C Web of Things (WoT) und können aktuelle Anwendungen in verschiedenen Bereichen der Industrie, u.a. Automatisierung, Energie- und Verkehrssysteme an Hand ihrer Services beschreiben.<br>—<br>Students gain an understanding of the basics of current data modeling approaches and their processing in the context of the Internet of Things (IoT) domain. They are able to describe data models of participating IoT systems and apply techniques to process and interpret them, for example, to enable interaction with other IoT systems (Plug&Play). They will be familiarized with the use of standardized (semantic) web technologies in the context of the W3C Web of Things (WoT) and can describe current applications in various areas of industry, including automation, energy and transport systems through their services.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Teilnehmer können grundlegende Ansätze der Datenmodellierung für Internet of Things-Systeme implementieren. Sie sind befähigt Servicebeschreibungen für konkrete Fragestellungen und Anwendungen im Web of Things zu verfassen.<br>—<br>Participants will be equipped to implement fundamental approaches to data modeling for Internet of Things systems. They will be able to write service descriptions for concrete questions and applications in the Web of Things.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erlernen grundlegende und praktische Kompetenzen in der Konzeption von IoT-Systemen und mit den Technologie Blöcken der W3C Web of Things, sowie in der Anwendung mit semantischen Web-Technologien.<br>—<br>Students learn basic and practical skills in the design of IoT systems, the technology blocks of the W3C Web of Things, as well as in the application of semantic web technologies. |
| Inhalt<br>Course content | Internet-of-Things (IoT)-Systeme sammeln und agreggieren Sensordaten von physischen Produkten. Damit können Steuerungen optimiert, innovative Services angeboten und neue Geschäftsmodelle entwickelt werden. IoT-Systeme brauchen ein intelligentes Datenkonzept und Datenmanagement, das neben dem Sammeln und Agreggieren auch das Auswerten der Sens- |

| | |
|---|---|
| | ordaten berücksichtigt.<br>Die Vorlesung gliedert sich in drei Teilen:<br>1. Einführung in IoT und verschiedene Web Technologien relevant für IoT-Systeme<br>• IoT Systeme, u.a., Mikrokontroller<br>• IoT Frameworks and Architectures (e.g., Vorto)<br>• JSON, JSON Schema, RDF, JSON-LD 1.1<br>• IoT Datastores, u.a von IoT Cloud Systemen<br>2. Datenmodellierungstechnologien für die IoT<br>• WoT Building Blöcke: Thing Model, Thing Description und Binding Templates<br>• Semantische Modellierung (Kontexterweiterung)<br>3. Datenverarbeitungsmechanismen im IoT<br>• WoT API<br>• Discovery<br>• Security<br>• Datenkodierung<br>• Datenverarbeitung<br>—<br>Internet-of-Things(IoT) systems collect and aggregate sensor data from physical products. This enables control systems to be optimised, innovative services to be offered and new business models to be developed. IoT systems require an intelligent data concept and management that takes into account not only the collection and agregation but also the evaluation of sensor data.<br>The lecture is divided into 3 parts:<br>1. Introduction to IoT and different web technologies relevant for IoT systems<br>• IoT Systems, such as, microcontroller<br>• IoT Frameworks and Architectures (e.g., Vorto)<br>• JSON, JSON Schema, RDF, JSON-LD 1.1<br>• IoT Datastores, such as from IoT Cloud Systems<br>2. Data Modeling technologies for IoT<br>• WoT Building Blocks: Thing Model, Thing Description and Binding Templates<br>• Semantic Modeling (Context Extension)<br>3. Data processing mechanisms in IoT<br>• WoT API<br>• Discovery<br>• Security<br>• Data coding<br>• Data processing |
| Studien-/Prüfungsleistungen Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters |

| | |
|---|---|
| | bekannt gegeben.<br>90-minute written or 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Projektor<br>Projector presentation |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekannt gegeben. Die Literatur wird Wird vom Dozenten zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.<br>To be announced by the lecturer. The literature will be announced by the lecturer at the beginning of the lecture. |

| 5773 | Implementierung von Datenbanksystemen<br>Implementation of Database Systems | PN 405069 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Modul wird nicht mehr angeboten<br>Module no longer offered | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kosch | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kosch | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 65 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 65 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse über Systeminterna und Implementierung von Datenbanksystemen.<br>—<br>Students acquire in-depth knowledge of system internals and | |

| | |
|---|---|
| | implementation of database systems.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden haben die Fähigkeit, Datenbank-Tuning in der Praxis durchzuführen.<br>—<br>Students will acquire the ability to database tuning in practice.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, die Systemsicht eines Datenbanksystems einzunehmen und zukünftige Entwicklungen im Datenbankbereich zu beurteilen.<br>—<br>Students will have the competence to take the system point of view of a database system and to assess future developments in the database area. |
| Inhalt<br>Course content | Diese Vorlesung soll einen Überblick über aktuelle Konzepte der Implementierung von Datenbanksystemen (DBS), insbesondere relationaler Datenbanken geben. Dabei wird zunächst auf allgemeine Anforderungen an Datenbanksysteme eingegangen, ehe verschiedene Datenzugriffsmethoden vorgestellt werden. Darauf aufbauend werden verschiedene Ansätze der relationalen Anfrageoptimierung, der Viewbearbeitung, sowie der Fehlerbehandlung und -erholung beschrieben. Abschließend werden die vorgestellten Konzepte auf verteilte Datenbanksysteme angepasst, indem die bisher entwickelten Datenstrukturen und Algorithmen hinsichtlich der Anforderungen der Verteilung erweitert werden. Details aktueller Datenbanksystemversionen, Oracle, IBM DB2 werden in speziellen Kapiteln behandelt. In den begleitenden Übungen werden die verschiedenen Konzepte an Beispielen vertieft und die Umsetzung in aktuellen DBS diskutiert. Im praktischen Teil der Übungen wird das Datenbank-Tuning vorgestellt, d.h., die Optimierung eines Datenbanksystems für verschiedene Anwendungen und Systemparameter. Administrative Grundlagen werden vermittelt.<br>Inhaltliche Gliederung: Architekturen von DBS Blockorientierte Zugriffsschnittstelle, E/A-Architekturen und Speicherhierarchien Speichertechnologie Externspeicherverwaltung, DBS-Pufferverwaltung Datensatzorientierte Zugriffsschnittstelle Speicherungsstrukturen für Datensätze und Objekte<br>Indexstrukturen, u.a., B-Baum Familie, Hashing, multidimensionale Indexstrukturen<br>Mengenorientierte Zugriffsschnittstelle Anfragebearbeitung und Optimierung Verteilte Datenbanksysteme<br>Details aktueller Datenbanksystemversionen, Oracle und IBM |

| | |
|---|---|
| | DB2<br>—<br>This lecture will provide an overview of current concepts in implementation of database systems (DBS), particularly relational databases. It first discusses general requirements for database systems before different data access methods are presented. Different approaches to relational query optimization, the view editing, and error handling and recovery are described. Finally, the concepts presented in distributed database systems will be adapted to the previously developed data structures and algorithms and extended with respect to the requirements of the distribution. Details of current database system versions, Oracle, IBM DB2 are treated in special chapters. In the accompanying tutorials, the various concepts with examples will be presented and the implementation in current DBS will be discussed. In the practical part of the tutorials the database tuning will be presented, ie, the optimization of a database system for various applications and system parameters. Administrative basics are taught.<br>Content structure: Architectures of DBS block-oriented access interface, I/O architectures and memory technology memory hierarchies, external memory management, DBS buffer management, record -oriented access interface, storage structures for records and objects<br>Index structures, e.g. B- tree family, hashing, multidimensional index structures<br>Quantity -based access interface query processing and optimization of Distributed Database Systems<br>Details of current database system versions, Oracle and IBM DB2 |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min schriftliche Klausur<br>90-minute written examination |
| Medienformen<br>Media used | Folien-orientierte Vorlesung, Tafelbenützung bei Beispielen, zusätzlichen Erläuterungen und zu erklärenden Sachverhalten: Wöchentliche Übungen in kleinen Gruppen. Dabei werden Präsenzaufgaben sowie die Musterlösungen zu den Übungsaufgaben vorgerechnet<br>Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Übungsaufgaben, selbständiges Studium von sekundärer Literatur<br>Folienskript ist vorhanden und über Stud.IP zugänglich.<br>—<br>Slides-oriented lecture, panel use with examples, additional explanations and explanatory facts: Weekly tutorials in small |

| | |
|---|---|
| | groups. The presence tasks and the sample solutions are pre-calculated to the exercises<br>Expected activities of students: Participation in compulsory and voluntary tutorials, independent study of secondary literature<br>Slide script is accessible and available through Stud.IP |
| Literatur<br>Reading list | Theo Härder, Erhard Rahm: „Datenbanksysteme: Konzepte und Techniken der Implementierung", 2. Auflage, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-65040-7. |

| 5780 | Computeralgebra<br>Computer Algebra | PN 455358 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kreuzer, Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kreuzer, Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 75 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 75 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I und II<br>Linear Algebra I and II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Lehramt Mathematik Gymnasium<br>Master Computer Science, Teacher training programme for secondary education in Mathematics (Gymnasium) | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Algorithmen der Computeralgebra, insbesondere die Methoden und Anwendungen der Gröbner-Basen. Neben den theoretischen Grundlagen sind sie auch mit konkreten Implementationen dieser Algorith- | |

| | |
|---|---|
| | men vertraut.<br>—<br>The students know the basic algorithms of computer algebra, in particular the methods and applications of Gröbner bases. In addition to the theoretical foundations they are familiar with concrete implementations of these algorithms.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können wichtige Methoden der Computeralgebra selbständig in einem Computeralgebrasystem implementieren. Sie sind in der Lage, für konkrete Fragestellungen geeignete Algorithmen zu finden oder zu entwickeln, deren Korrektheit zu beweisen und deren Effizienz einzuschätzen.<br>—<br>Students can implement important methods of computer algebra independently in a computer algebra system. You are able to find or to develop suitable algorithms for specific questions, to prove their correctness, and evaluate their efficiency.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studenten erwerben evaluative Kompetenzen in Bezug auf die Verknüpfung der theoretischen Inhalte ihres Studiums mit praxisnahen Problemstellungen, organisatorische Kompetenzen in Bezug auf ihr Zeit- und Arbeitsmanagement, sowie selbstreflexive Kompetenzen in Bezug auf interdisziplinäre Verbindungen zwischen der theoretischen Informatik und der algorithmischen Mathematik.<br>—<br>The students acquire evaluative skills in relation to the link between the theoretical content of their studies with practical problems, organizational skills in relation to their time and work management as well as self-reflective skills in relation to interdisciplinary connections between theoretical Computer Science and computational mathematics. |
| Inhalt<br>Course content | Die Vorlesung beginnt mit der Diskussion der den modernen Verfahren der Computeralgebra zu Grunde liegenden mathematischen Strukturen (Zahlbereiche, Polynome) und ihrer effektiven Implementation. Darauf aufbauend erhalten die Studierenden eine Einführung in die Methode der Gröbner-Basen und lernen die wichtigsten algorithmischen Anwendungen dieser Methode kennen. Schließlich werden die Algorithmen auf konkrete Berechnungsprobleme (z.B. die Lösung von Gleichungssystemen) angewendet.<br>—<br>The lecture begins with a discussion of the past to modern methods of computer algebra underlying mathematical structures (number ranges polynomials) and their effective implementa- |

| | |
|---|---|
| | tion. Based on this, students receive an introduction to the method of Groebner bases and learn the most important algorithmic applications of this method. Finally, the algorithms are applied to concrete computational problems (e.g. the solution of systems of equations). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Abschlussklausur oder ca. 30 Minuten mündliche Prüfung (wird am Anfang der Veranstaltung mitgeteilt)<br>120-minute written examination or 30-minute oral examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester) |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation<br>Blackboard, Projector presentation |
| Literatur<br>Reading list | M. Kreuzer und L. Robbiano, Computational Commutative Algebra 1, Springer, Heidelberg 2000 |

| 5781 | Algorithmische Algebraische Geometrie<br>Computational Algebraic Geometry | PN 405154 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kreuzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kreuzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I und II, Computeralgebra<br>Linear Algebra I and II, Computer Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die wichtigsten Konzepte und Methoden der algorithmischen algebraischen Geometrie sind den Studierenden bekannt. Fundamentale Algorithmen und Beweistechniken der algebraischen Geometrie und der kommutativen Algebra sowie deren | |

| | |
|---|---|
| | Anwendungen sind ihnen geläufig.<br>—<br>The main concepts and methods of algorithmic algebraic geometry will be covered. Fundamental algorithms and proof techniques of algebraic geometry and commutative algebra and their applications will be covered.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können algebraisch-geometrische Sachverhalte und Fragestellungen in die Sprache der kommutativen Algebra übersetzen und sie für eine algorithmische Beantwortung aufbereiten. Die Studierenden sind in der Lage, ein Computeralgebrasystem anzuwenden um Probleme aus der algebraischen Geometrie zu lösen oder Beispielberechnungen durchzuführen.<br>—<br>Students will be able to translate algebraic- geometric facts and issues in the language of commutative algebra and prepare for an algorithmic solution. Students will be able to use a computer algebra system to solve problems in algebraic geometry or perform sample calculations.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studenten erwerben evaluative Kompetenzen in Bezug auf die Verknüpfung der theoretischen Inhalte ihres Studiums mit praxisnahen Problemstellungen, organisatorische Kompetenzen in Bezug auf ihr Zeit- und Arbeitsmanagement, sowie selbstreflexive Kompetenzen in Bezug auf interdisziplinäre Verbindungen zwischen der theoretischen Informatik und der algorithmischen Mathematik.<br>—<br>The students acquire evaluative skills in relation to the link between the theoretical content of their studies with practical problems, organizational skills in terms of their time and labor management, and self-reflective skills in relation to interdisciplinary connections between the theoretical Computer Science, and computational mathematics. |
| Inhalt<br>Course content | Als Grundlage für alle weiteren Inhalte wird der Hilbertsche Nullstellensatz ausführlich besprochen und bewiesen. Die wesentlichen Techniken zur Übersetzung geometrischer Fragestellungen in algebraische und umgekehrt werden damit eingeführt. Dann werden die theoretischen Grundlagen aus der kommutativen Algebra bereitgestellt (z. B. Hilbertscher Basissatz, graduierte Ringe und Modulen, Hilbert-Funktionen) und damit wichtige Objekte der algebraischen Geometrie (z. B. algebraische Kurven und Flächen, projektive Varietäten, endliche Punktmengen) studiert. |

| | |
|---|---|
| | In den Übungen werden die Algorithmen und Verfahren mittels eines geeigneten Computeralgebrasystems (z. B. CoCoA) in explizite Computerprogramme umgesetzt und damit konkrete Berechnungsaufgaben der algorithmischen algebraischen Geometrie gelöst.<br>—<br>As a basis for all other contents, Hilbert's theorem of zeros is discussed and proved in detail. The main techniques for translation of geometric problems into algebraic and vice versa are introduced. Then the theoretical foundations of the commutative algebra are provided (e.g. Hilbert basis theorem, graduated rings and modules, Hilbert functions) and thus important objects of algebraic geometry (e.g. algebraic curves and surfaces, projective varieties studied finite point sets).<br>In the tutorials, the algorithms and methods by means of a suitable computer algebra system will be implemented (e.g. CoCoA) in explicit computer programs and thus solved for specific calculation tasks of algorithmic algebraic geometry. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Abschlussklausur<br>120-minute final written examination |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation<br>Blackboard, Projector presentation |
| Literatur<br>Reading list | M. Kreuzer und L. Robbiano, Computational Commutative Algebra 2, Springer, Heidelberg 2005 |

| 5782 | Kryptographie<br>Cryptography | PN 401816 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes 2. Semester<br>Usually every other semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kreuzer, Zumbrägel, Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kreuzer, Zumbrägel, Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I<br>Linear Algebra I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Lehramt Mathematik Gymnasium<br>Master Computer Science, Teacher training programme for secondary education in Mathematics (Gymnasium) | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen wichtige symmetrische und Public-Key Kryptosysteme. Sie sind mit der Sicherheitsanalyse solcher Systeme vertraut. Insbesondere kennen die Studenten die sicherheitsrelevanten Aspekte des RSA-Kryptosystems. Ferner | |

| | |
|---|---|
| | wissen die Studierenden, wie man kryptographische Systeme in Protokolle eingliedert und kennen wichtige kryptographische Protokolle sowie deren Kryptoanalyse.<br>—<br>The students know important symmetric and public-key cryptosystems. You are familiar with the safety analysis of such systems. In particular, the students know the safety aspects of the RSA cryptosystem. Furthermore, the students know how to integrate cryptographic systems and protocols know important cryptographic protocols and their cryptanalysis.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können die Sicherheit eines Kryptosystems untersuchen und einschätzen. Für konkrete Anforderungen können sie geeignete Kryptosysteme und kryptographische Protokolle bestimmen und auf ihre sichere Verwendbarkeit testen. Sie verstehen die mathematischen Grundlagen der modernen Kryptographie und beherrschen einfache Beweise und Anwendungen dieser Theorie.<br>—<br>Students can examine and assess the security of a cryptosystem. For specific requirements, they can determine suitable cryptosystems and cryptographic protocols and test their usability safe. They understand the mathematical foundations of modern cryptography and master simple proofs and applications of this theory.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erwerben evaluative Kompetenzen in Bezug auf die Verknüpfung der theoretischen Inhalte ihres Studiums mit praxisnahen Problemstellungen, organisatorische Kompetenzen in Bezug auf ihr Zeit- und Arbeitsmanagement, sowie selbstreflexive Kompetenzen in Bezug auf interdisziplinäre Verbindungen zwischen den Fragen der IT-Sicherheit und der zugehörigen informationstheoretischen und algorithmischen Grundlagen.<br>—<br>The students acquire evaluative skills in relation to the link between the theoretical content of their studies with practical problems, organizational skills in relation to their time and work management, and self-reflective skills regarding interdisciplinary connections between the issues of IT security and the associated information theory and algorithmic foundations. |
| Inhalt<br>Course content | Basierend auf einer Darstellung der historischen Wurzeln und Vorgänger werden moderne kryptographische Systeme vorgestellt und analysiert. Dabei kommen sowohl symmetrische Verfahren (z. B. V igenere, DES, AES) als auch Public-Key Ver- |

| | |
|---|---|
| | fahren (z. B. RSA, ElGamal, elliptische Kurven Systeme) nicht zu kurz. Diese kryptographischen Bausteine werden einer sorgfältigen Kryptoanalyse unterzogen und dann in Protokolle zur Erledigung wichtiger kryptographischer Aufgaben eingebaut: Authentifikation, Signatur, geheime Nachrichtenübermittlung, Secret Sharing, Zero-Knowledge Beweise etc. Auch diese Verfahren werden ausführlich analysiert und wichtige Angriffs- und Schutzmechanismen untersucht.<br>—<br>Based on a description of the historical roots and predecessors modern cryptographic systems are presented and analyzed. Both symmetric algorithms (e.g. Vigenere, DES, AES) and public-key methods (such as RSA, ElGamal, elliptic curve systems) can not be neglected. These cryptographic modules are subjected to careful cryptanalysis and then incorporated into protocols for completion of important cryptographic tasks: authentication, signature, secret communications, secret sharing, zero-knowledge proofs, etc. These processes are analyzed in detail and major attack and protection mechanisms are examined. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Approx. 20-minute oral or 90-minute written examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester). |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation<br>Blackboard, Projector presentation |
| Literatur<br>Reading list | D. Wätjen, Kryptographie, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg 2008 |

| 5784 | Codierungstheorie<br>Coding Theory | PN 463030 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kreuzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kreuzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I<br>Linear Algebra I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen den Aufbau und die Konstruktion linearer Codes und sind mit wichtigen Beispielklassen vertraut. Den Studierenden sind die mathematischen Grundlagen der Codierungstheorie bekannt, einschließlich der verwendeten al- | |

| | |
|---|---|
| | gorithmischen Techniken und wichtiger Beweisverfahren.<br>—<br>Students know the structure and design of linear codes, and are familiar with important classes of examples. The students know the mathematical foundations of coding theory, including algorithmic techniques and important proof method used.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, für praktische Anwendungen geeignete Codierungsverfahren zu bestimmen und auf ihre Korrektheit hin zu untersuchen. Sie können verschiedene Codierungsverfahren am Computer implementieren und auf ihre Effizienz analysieren. Sie sind in der Lage, grundlegende Berechnungsaufgaben selbständig zu bearbeiten und einfache Beweise zu führen.<br>—<br>Students are able to determine appropriate encoding methods and examine their correctness for practical applications. You can implement different encoding methods on a computer and analyze their efficiency. You are able to edit basic computation tasks independently and perform simple proofs.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studenten erwerben evaluative Kompetenzen in Bezug auf die Verknüpfung der theoretischen Inhalte ihres Studiums mit praxisnahen Problemstellungen, organisatorische Kompetenzen in Bezug auf ihr Zeit- und Arbeitsmanagement, sowie selbstreflexive Kompetenzen in Bezug auf interdisziplinäre Verbindungen zwischen der modernen Datentechnik, der theoretischen Informatik und der algorithmischen Mathematik.<br>—<br>The students acquire evaluative skills in relation to linking the theoretical contents of their studies with practical problems, organizational skills in relation to their time and work management, and self-reflective skills in relation to interdisciplinary connections between the modern information technology, theoretical Computer Science and computational mathematics. |
| Inhalt<br>Course content | Basierend auf der Einführung des grundlegenden Modells eines binären symmetrischen Übertragungskanals werden insbesondere Grundbegriffe wie Datenrate, Fehlerkorrektur und -kapazität, Hamming-Abstand und lineare Codes diskutiert. Für letztere werden wichtige Schranken wie die Singleton-Schranke bewiesen und bedeutende Beispielklassen vorgestellt, z.B. Hamming-Codes, zyklische Codes, BCH und Reed-Solomon-Codes. Neben der Diskussion der Eigenschaften und |

| | |
|---|---|
| | Parameter dieser Codes werden auch Verfahren bereitgestellt wie man weitere, an eine Anwendung angepasste, Codes aus den bekannten erzeugen kann. Die Studenten erhalten auch einen Einblick in moderne geometrische Methoden der Codierungstheorie, z.B. Reed-Muller Codes und Goppa-Codes. Ferner werden die Codes in den Übungen in einem Computeralgebrasystem (z.B. CoCoA) konkret implementiert und an praxisnahen Beispielen getestet.<br>—<br>Based on the introduction of the basic model of a binary symmetric transmission channel, in particular basic concepts such as data rate, error correction, and - capacity, Hamming distance and linear codes are discussed. For the latter, important barriers are shown as the Singleton bound and presented significant sample classes, e.g. Hamming codes, cyclic codes, Reed-Solomon and BCH codes. Besides the discussion of the properties and parameters of these codes also methods are provided on how to generate more codes adapted to an application from the known. The students also get an insight into modern geometrical methods of coding theory, e.g. Reed-Muller codes and Goppa codes. Furthermore, the codes are actually implemented in the tutorials in a computer algebra system (e.g. CoCoA) and tested on practical examples. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Abschlussklausur<br>90-minute final written examination |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation<br>Blackboard, Projector presentation |
| Literatur<br>Reading list | J.H. van Lint, Introduction to Coding Theory, Springer, New York 1982 |

| 5791 | Funktionale Programmierung<br>Functional Programming | PN 405053 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Griebl, Fraser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Griebl, Fraser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden sind mit dem Paradigma der funktionalen Programmierung vertraut und können es anwenden und anderen Programmierparadigmen, insbesondere dem der imperativen Programmierung, gegenüberstellen. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students will be familiar with the paradigm of functional programming and can apply it for other programming paradigms, particularly the imperative programming face.<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, funktionale Programme zu schreiben und die Theorie der funktionalen Programmierung zur Optimierung von Programmen zu nutzen. Insbesondere haben sie detaillierte Kenntnis der Programmiersprache Haskell.<br>—<br>Students will be able to write functional programs and to use the theory of functional programming for optimization of programs. In particular, they will have detailed knowledge of the programming language Haskell.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Mit der funktionalen Programmierung erschließt sich den Studierenden ein wichtiges, weiteres Programmierparadigma (neben der imperativen und objektorientierten Programmierung). Die Studierenden sind in der Lage, dieses artgerecht einzusetzen und somit ihren Software-Entwurfsaufgaben effizienter und verlässlicher gerecht zu werden.<br>—<br>Functional programming opens up an important additional programming paradigm (next to the imperative and object-oriented programming) to students. They will be able to meet their software design tasks more efficiently and reliably. |
| Inhalt<br>Course content | Grundkonzepte der Programmiersprache; theoretische Grundlagen des Lambda-Kalküls; Programmierung mit Kombinatoren (Operatoren, mit denen Programme kombiniert werden können); Programmbeweise und -herleitungen; Transformationsgesetze (zur Optimierung von Programmen); Monaden (zur quasi- imperativen Programmierung in Haskell)<br>—<br>Basic concepts of programming, theoretical foundations of the lambda calculus; programming with combinators (operators with which programs can be combined); program proofs and derivations; transformation laws (for optimizing programs); monads (for quasi-imperative programming in Haskell) |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min. Klausur<br>90-minute written examination |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel, Overheadprojektor<br>Projector, blackboard, overhead projector |
| Literatur<br>Reading list | Folien / Lecture slides<br>Simon Thompson: Haskell: The Craft of Functional Programming, Addison-Wesley<br>Diverse andere Quellen / diverse other sources |

| 5804 | Scientific Methods and Technical Writing | PN 479810 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kranz | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kranz | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz Vorlesung + 30 Std. Präsenz Übung + 75 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vor- und Nachbearbeitung, Gesamt: 150 Std.<br>45 + 30 contact hours + 75 hrs exercises/presentation, independent study and exam preperations (total: 150 hrs) | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Bestandteile wissenschaftlicher Arbeiten. Die Studierenden kennen Werkzeuge für die wissenschaftliche Recherche, Quellenarbeit und Datenanalyse. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>The participants are familiar with basic parts of scientific work. They know tools for scientific research, working with sources and data analysis.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Publikationsmetriken interpretieren. Die Studierenden können wiederkehrende Typen von Daten geeignet mittels statistischer Verfahren und Tests auswerten und aufbereiten.<br>—<br>The students are able to interprete publication metrics. They are able to process and analyse recurring types of data with suitable statistical methods and tests.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind in der Lage selbständig unter Einsatz gängiger Suchmaschinen und Werkzeuge wissenschaftliche Arbeiten zu recherchieren und miteinander in Bezug zu setzen. Die Studierenden können technische Berichte von begrenztem Umfang nach wissenschaftlichen Kriterien schreiben.<br>—<br>The students are able to research the relevant literature using common search engines and tools and to establish and assess the relationship of the sources. They are able to write technical reports of limited size on the basis of scientific criteria. |
| Inhalt<br>Course content | Methodik: Qualitative Methoden, Quantitative Methoden, Messtheorie, Statistische Verfahren<br>Technisches Schreiben und wissenschaftliche Berichte: Recherche nach wissenschaftlichen Beiträgen, Vorwärts- und Rückwärtssuche, Datenbanken, Zitierrichtlinien und -stile, Struktur und Aufbau wissenschaftlicher Arbeiten in der Informatik, Publikationsprozesse, Veröffentlichungsmöglichkeiten, Pre-Print Archive, Open Access, Impact Factors, Publikationskulturen<br>Begutachtungsverfahren: Peer-Review System, Open Reviews, Review Policies (open, blind, double-blind), technische Lösungen, Ethische Aspekte Werkzeuge für wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben, Software, Tools, Ressourcen, Werkzeuge für die Datenauswertung, -analyse und -visualisierung.<br>Informationsvisualisierung und Visual Communication<br>Praktische Hilfestellungen für das Erstellen englischer Berichte<br>Vortragstechniken, Präsentationstechniken<br>—<br>Methodology: Qualitative methods, quantitative methods, foundations of measurement, statistical methods |

| | |
|---|---|
| | Technical writing and scientific reports<br>Review procedure<br>Tools for research and scientific writing<br>Information visualization and visual communication<br>Practical assistance for compilation of reports in English<br>Communication and presentation techniques |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur od. mündl. Prüfung od. Portfolio (techn. Bericht, Präsentation)<br>Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Mögliche Portfoliobestandteile sind<br>• Eigenständige Zusammenfassung von relevanten wissenschaftlichen Arbeiten zu den Themen der Lehrveranstaltung<br>• Präsentationen<br>• Datensätze und deren Auswertung<br>• Präsentation der erstellten Materialien unter Einsatz geeigneter Präsentationstechniken, z.B. PowerPoint, Desktopreviews, Postern, Flipchart, Whiteboard, Tafel<br>Die genauen Anforderungen werden vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.<br>Written examination or oral examination or portfolio The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Projektor, Tafelanschrieb, Gruppenarbeit<br>Projector presentation, blackboard, group work |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten bekanntgegeben<br>Will be announced by the lecturer |

| 5815 | Computational Stochastic Processes | PN 451402 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller-Gronbach | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II Lineare Algebra I + II, Programmierung I, Einführung in die Stochastik, Stochastische Prozesse, Stochastische Simulation<br>Analysis I + II Linear Algebra I + II, Programming I, Introduction to Stochastics, Stochastic Processes, Stochastic Simulation | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Kenntnisse grundlegender Algorithmen zur zeitdiskreten und | |

| | |
|---|---|
| | zeitkontinuierlichen Simulation von Gauss-Prozessen und stochastischen Differentialgleichungen, ihre theoretischen Eigenschaften und typische Anwendungen.<br>—<br>Knowledge of basic algorithms for discrete- and continuous-time simulation of Gaussian processes and stochastic differential equations, their theoretical properties and applications.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Auswahl geeigneter Simulationsalgorithmen für konkrete Fragestellungen, zu ihrer effizienten Implementierung, zur praktischen Durchführung von entsprechenden Simulationsexperimenten sowie zur Darstellung und Bewertung der Ergebnisse.<br>—<br>Ability to select appropriate simulation algorithms for specific questions to their efficient implementation, the practical implementation of relevant simulation experiments, and for the presentation and evaluation of results. |
| Inhalt<br>Course content | • Grundbegriffe der Simulation stochastischer Prozesse: Fehlerkriterien, Kostenmaße, minimale Fehler und Komplexität, Optimalität und asymptotische Optimalität.<br>• Pfadweise Simulation von Gauss-Prozessen: Simulation multivariater Normalverteilungen, zeitkontinuierliche Verfahren, optimale $L_2$-Rekonstruktion, insbesondere Simulation Brownscher Bewegung und fraktioneller Brownscher Bewegung.<br>• Pfadweise Simulation stochastischer Differentialgleichungen: zeitdiskrete Ito-Taylor Schemata, zeitkontinuierliche Verfahren, Schrittweitensteuerung.<br>• Schwache Approximation stochastischer Differentialgleichungen: Standard Monte-Carlo Verfahren, Multilevel-Verfahren, Anwendungen in der Finanzmathematik.<br>—<br>• Basic concepts of simulation of stochastic processes: Failure criteria, cost measures, and minimum error complexity, optimality and asymptotic optimality.<br>• Path way simulation of Gaussian processes: simulation of multivariate normal distributions, continuous-time process, optimal $L_2$ Reconstruction, particularly the simulation of Brownian motion and fractional Brownian motion.<br>• Path way simulation of stochastic differential equations: discrete-time Ito-Taylor schemes, continuous-time method, time step control.<br>• Weak approximation of stochastic differential equations: Standard Monte Carlo methods, multilevel methods, ap- |

| | |
|---|---|
| | plications in financial mathematics. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 minütige Abschlussklausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>90 minute written or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Nach Empfehlung des Dozenten<br>Announced during the lecture |

| 5818 | Stochastische Analysis<br>Stochastic Analysis | PN 405214 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller-Gronbach | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Einführung in die Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie<br>Linear Algebra I + II, Analysis I + II, Introduction to Stochastics, Probability Theory | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Verständnis der Grundkonzepte und -techniken sowie der zentralen Ergebnisse der Stochastischen Analysis. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Modellierung und Analyse zeitabhängiger stochastischer Prozesse, die von einer Brownschen Bewegung getrieben werden. Eigenständige Erarbeitung und Darstellung eines Themas der Stochastischen Analysis |
| Inhalt<br>Course content | Grundkonzepte der Stochastischen Analysis, u.a.<br>Zeitstetige Martingale,<br>Zeitstetige Markov Prozesse,<br>Brownsche Bewegung,<br>Stochastische Integration,<br>Stochastische Differentialgleichungen. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Teilleistung 1 (80%): Mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten)<br>Teilleistung 2 (20%): Schriftliche Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) eines zusätzlichen Themas zu stochastischen Differentialgleichungen. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Part 1 (80%): Oral examination (about 30 Minuten)<br>Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) about an additional topic of stochastic differential equations. To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Folien oder Tafel<br>Presentation and projector, slides or blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Bekanntgabe durch Dozenten<br>Announced during the lecture |

| 5831 | Kryptoanalyse<br>Cryptanalysis | PN 482102 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Zumbrägel | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Zumbrägel | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algebra und Zahlentheorie I + II, Kryptographie<br>Algebra and Number Theory I + II, Cryptography | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen Methoden aus der algorithmischen Algebra und der Kryptologie.<br>—<br>The students know methods from algorithmic algebra and | |

| | |
|---|---|
| | cryptology.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen Fähigkeiten zur algebraischen Modellierung und können grundlegende kryptologische Algorithmen analysieren und implementieren.<br>—<br>The students possess abilities for algebraic modelling and can analyse and implement basic cryptologic algorithms.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind mit der Analyse von Kryptoverfahren vertraut.<br>—<br>The students are familiar with the analysis of cryptographic protocols. |
| Inhalt<br>Course content | Zahlentheoretische und algebraische Methoden, im Hinblick auf die Analyse kryptographischer Verfahren.<br>Folgende Themen sind geplant: Einführung in die algorithmische Zahlentheorie und die Computeralgebra. Grundlagen der algebraischen Zahlentheorie und der Theorie endlicher Körper. Kryptologie, Gitterreduktion, Faktorisierungsproblem, diskretes Logarithmusproblem. Theorie und Praxis von Rekordberechnungen für diskrete Logarithmen.<br>—<br>This course deals with number-theoretic and algebraic methods with a view towards analysing cryptographic protocols. The following topics are planned: Introduction to algorithmic number theory and computer algebra. Fundamentals of algebraic number theory and finite fields. Cryptology, lattice reduction, factorisation problem, discrete logarithm problem. Theory and practice of record computations for discrete logarithms. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel<br>Presentation, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | N. Koblitz: Algebraic aspects of cryptography. Springer 1998.<br>A. J. Menezes, P. C. v. Oorshot, S. A. Vanstone: Handbook of Applied Cryptography. CRC Press 1996. |

| 5835 | Ringe und Moduln<br>Rings and Modules | PN 455364 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Zumbrägel | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Zumbrägel | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algebra und Zahlentheorie I + II<br>Algebra and Number Theory I + II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe aus der Theorie der Ringe und Moduln.<br>—<br>The students know fundamental notions from the theory of | |

| | |
|---|---|
| | rings and modules.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Konzepte der Modultheorie können einsetzt werden, um die Struktur von Ringen zu untersuchen.<br>—<br>Concepts from module theory can be utilised for investigating the structure of rings.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind mit Methoden und Anwendungen der Modultheorie vertraut.<br>—<br>The students are familiar with notions and applications of module theory. |
| Inhalt<br>Course content | Die Vorlesung behandelt Grundlagen der Theorie der (nichtkommutativen) Ringe und ihrer Moduln, sowie einige Anwendungen. Folgende Themen sind geplant: Ringe, Moduln und Homomorphismen. Direkte Summen und Produkte. Halbeinfache Moduln. Endlichkeitsbedingungen für Moduln. Klassische Resultate über die Ringstruktur. Projektive und injektive Moduln. Aspekte der ringlinearen Codierungstheorie.<br>—<br>The course deals with foundations of the theory of (noncommutative) rings and their modules, as well as some applications. The following topics are planned: Rings, modules and homomorphisms. Direct sums and products. Semisimple modules. Finiteness conditions for modules. Classical ring-structure theorems. Projective and injective modules. Aspects of ringlinear coding theory. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel<br>Presentation, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Frank W. Anderson, Kent R. Fuller, Rings and Categories of Modules, Springer (1992)<br>Tsit-Yuen Lam, Lectures on Modules and Rings, Springer (1999)<br>Friedrich Kasch, Moduln und Ringe, Teubner (1977) |

| 5836 | Elliptic Curves | PN 422120 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Zumbrägel | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Zumbrägel | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algebra und Zahlentheorie I + II<br>Algebra and Number Theory I + II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students acquire basic notions from algebraic geometry and algebraic curves. They learn about the theory of elliptic curves, in particular their arithmetic. The students are able to utilise these concepts for cryptography applications. | |
| Inhalt | This course deals with the theory of elliptic curves from a geo- | |

| | |
|---|---|
| Course content | metry, arithmetic and cryptography viewpoint.<br>The following topics are planned: Algebraic varieties. Algebraic curves, Riemann-Roch theorem. The geometry of elliptic curves. Isogenies. Elliptic curves over finite fields. Algorithmic aspects, discrete logarithm, pairing-based cryptography. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Joseph H. Silverman, The Arithmetic of Elliptic Curves, Springer (1986)<br>Lawrence C. Washington, Elliptic Curves: Number Theory and Cryptography, CRC Press (2003) |

| 5838 | Information Theory | PN 455440 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Zumbrägel | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Zumbrägel | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie<br>Linear Algebra, Probability Theory | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students learn the mathematical foundations of informateion theory and acquire probabilistic and constructive proof methods. They are able to apply these concepts to address source coding and channel coding problems and can recognize information theoretic concepts in related areas. | |

| | |
|---|---|
| Inhalt<br>Course content | Information theory deals with two fundamental questions in communication theory, namely the limits of data compression and the ultimate transmission rate of communication. In this course, the mathematical notions to address these problems are being developed.<br>The following topics are planned: Entropy, Mutual Information and Data Compression, Channel Capacity and Shannon's Noisy Coding Theorem, Time permitting, an introduction to Universal Source Coding, Kolmogorov Complexity and Network Information Theory. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Thomas M. Cover and Joy A.Thomas, Elements for Information Theory, John Wiley & Sons (2006) |

| 5871 | Commutative Algebra | PN 455387 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kreuzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kreuzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algebra und Zahlentheorie I<br>Algebra and Number Theory I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen grundlegende Klassen kommutativer Ringe und ihre Eigenschaften kennen. Sie sind mit den Beziehungen diverser ringtheoretischer Eigenschaften untereinander sowie mit zentralen Strukturätzen der kommutativen Algebra vertraut. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>Students get to know basic classes of commutative rings and their properties. They are familiar with the relations of various ring theoretic properties to each other and with central structure theorems in Commutative Algebra.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden üben wichtige Beweistechniken aus der kommutativen Algebra und sind in der Lage, diese zielsicher und korrekt einzusetzen. Sie sind fähig, kommutative Ringe gemäß ihren Eigenschaften zu analysieren und zu klassifizieren.<br>—<br>Students practice important proof techniques in Commutative Algebra and are able to apply them in a purposeful and correct manner. They succeed in analysing and classfiying commutative rings according to their structural properties.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden lernen sich in komplexen abstrakten Problemsituationen zurecht zu finden. Sie finden Lösungswege und können ihre Erkenntnisse mit exakten Beweisen untermauern.<br>—<br>The students learn to manage complex abstract problem settings. They find solutions and are capable of substantiating their insights with exact proofs. |
| Inhalt<br>Course content | Das Modul führt in wichtige Teile der Theorie der kommutativen Ringe ein. Nach dem ersten Studium grundlegender Typen solcher Ringe werden das Primspektrum, die Zariski-Topologie, die Primärzerlegung und die klassische Dimensionstheorie betrachtet. Ferner werden die Technik der Lokalisierung und wichtige Klassen lokaler Ringe (wie reguläre lokale Ringe, lokale vollständige Durchschnitte und Cohen-Macaulay Ringe) untersucht.<br>—<br>The module introduces important parts of the theory of commutative rings. After an initial study of basic types of such rings, the prime spectrum, the Zariski topology, primary decomposition and classical dimension theory become the focus of attention. Furthermore, the technique of localisation and important classes of local rings (such as regular local rings, local complete intersections, and Cohen-Macaulay rings) are examined. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 60 Minuten Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung in englischer Sprache und je nach Anzahl der Hörer; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des jeweiligen Semesters bekannt |

| | |
|---|---|
| | gegeben.<br>Written exam (60 minutes) or oral exam (about 20 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Nach Ansage in der Vorlesung<br>Announced in the lecture course |

| 5873 | Operatortheorie<br>Operator Theory | PN 401403 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Forster-Heinlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 contact hours, 90 + 90 hours self study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II<br>Linear Algebra I + II, Analysis I + II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Lehramt Mathematik Gymnasium<br>Master Computer Science, Teacher training programme for secondary education in Mathematics (Gymnasium) | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Techniken, um Operatoren in Banach- und Hilbert-Räumen zu analysieren.<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der Operatortheorie bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen | |

| | |
|---|---|
| | der Mathematik und der Naturwissenschaften anzuwenden. |
| Inhalt<br>Course content | Inhalt in Stichpunkten:<br>Focus „Algorithmics and Mathematical Modeling“<br>Banach- und Hilbert-Räume, Dualität<br>Basen in Banach und Hilbert-Räumen<br>Hauptsätze für Operatoren auf Banach-Räumen: Sätze von Hahn-Banach, Satz über die offene Abbildung, Satz von abgeschlossenen Graphen<br>Spektraltheorie kompakter Operatoren<br>Spektraltheorie selbstadjungierter Operatoren |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Written exam (90 minutes) or oral exam (about 20 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Übungsblätter<br>Blackboard, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | W. Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991.<br>M. Reed/B. Simon, Functional Analysis, Academic Press, 1972.<br>D. Werner: Funktionalanalysis, Springer, 2007.<br>F. Hirzebruch, W. Scharlau: Einführung in die Funktionalanalysis, BI-Hochschulbücher, 1991 |

| 5942 | Network Science | PN 482601 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Granitzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vorarbeit und Nacharbeit<br>45 contact hours + 105 hours exercises, preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Data Science | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>The students gain insights into Modeling and analysing complex real-world networks with a special emphasis on social networks. In particular knowledge on the following topics will be gained:<br>• Basic Graph Theory (Undirected/Directed/Bipartite | |

| | |
|---|---|
| | Graphs, Connectivity, Graph Traversal)<br>• Properties of Social Networks (Strong and Weak ties, Structural Balance, Context in Social Netzworks, Small World Networks)<br>• Properties of Information Networks (Structure of the Web, Decentralized Search, Navigability oft he Networks)<br>• Network Dynamics and Evolution<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students will be able to analyse complex real-world networks and draw conclusions on their structural properties and dynamics. They will be able to develop and apply different algorithms for analysing networks, like for example clustering algorithms for detecting sub-structures and traversal algorithms for estimating statistical properties (e.g. centrality, clustering coefficient). Furthermore, students will be able to interpret the outcome of the algorithms in terms of underlying social theories, like for example Triadic Closure or Structural Balance Theory.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Students aquire the competencies to analyse network data especially in web-based information systems and use this analysis to understand and refine those information systems. |
| Inhalt<br>Course content | In particular, the following topics are covered:<br>• Basic Network Theory (Graph Types, Connectivity, Graph Traversal)<br>• Networks (Small World Phenomenon, Strong and Weak Ties, Information Flow, Community Detection)<br>• Analysing the context of social networks (Homophily and Segregation)<br>• Positive and Negative Relationships in Networks<br>• Information Networks (Structure oft he Web, Link Analysis and Web Search)<br>• Network Dynamics (Population Models, Information Cascades, Rich-get-richer, Cascading Behavior in Networks, Network Epidemics) |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written or 20-minute oral examination. The mode of assessment will be announced at the start of the semester. |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World von David Easley und Jon Kleinberg von Cambridge University Press<br>Barabási, Albert-László. Network science. Cambridge University Press, 2016.<br>Mark Newman, Networks: An Introduction. Oxford University Press, 2010 |

| 5943 | Data Science Lab | PN 482604 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Granitzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums<br>60 contact hours + 120 h self-study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Visual Analytics oder Network Science oder Advanced Topics in Data Science, Kenntnisse in Python<br>Visual Analytics or Network Science or Advanced Topics in Data Science, Python Programming Language | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students will acquire knowledge of current data analysis technologies and corresponding python libraries to analyze web-based data sets such as Web pages, social networks, user data, etc. They will obtain methodological knowledge. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Students acquire the ability to apply data science technology on web data and to extract interesting patterns from very large data sets. They will develop the ability to use appropriate software libraries and tools to do so.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students acquire the skills to analyze massive, web-based data sets and extract interesting patterns. |
| Inhalt<br>Course content | Students will work in groups on selected data science specific problems, like for example extracting communities from social networks, clustering web pages, analyzing trends in social media or identifying mobility patterns.<br>Students will be given a small research projects in the form of an analysis goal, a data set and a target metric. The research project will be conducted in four phases, supervised by the lecture. In every phase, one team member takes the responsibility. The following phases are foreseen:<br>• Design Phase: Students will conduct a state of the art analysis on currently best performing methods on the domain and corresponding libraries. Based on this analysis, students will design their experiment in terms of analysis methods, data preprocessing and evaluation approach. The experimental design will be reported in the form of a presentation.<br>• Data Preprocessing: Students will apply data preprocessing methods in order to convert raw data into a usable format for subsequent data analysis. Results are reported in the form of a presentation.<br>• Data Analysis: Students will implement the chosen data analysis methods using selected libraries and apply the implementation to the preprocessed data. Results are reported in the form of a presentation.<br>• Evaluation: Students will evaluate different parameter settings and algorithmic combinations or derive patterns from the given data set and interpret those.<br>Finally, the results will be reported in a technical report. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio exam consisting of a written technical report on the outcome of the project and 4 presentations (one per phase / per team member). |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Rechner<br>Blackboard, projector, calculator |
| Literatur<br>Reading list | Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics. |

| 5944 | Machine Learning Lab | PN 455382 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Granitzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums<br>60 contact hours + 120 h independent study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Advanced Topics in Data Science oder Visual Analytics, Kenntnisse in Python<br>Advanced Topics in Data Science or Visual Analytics, Python Programming Language | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students will acquire knowledge on implementation details of machine learning and optimization algorithms and how to realize them using numerical libraries in Python. Covered algo- | |

| | |
|---|---|
| | rithms include supervised, unsupervised and semi-supervised algorithms like decision trees, support vector machines, Bayesian classifiers, hierarchical agglomerative clustering, Genetic algorithms etc. as well as optimization methods (e.g. stochastic gradient descent, AdaGrad).<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Students acquire the ability to implement machine learning algorithms from scratch using only numerical libraries. They will be able to evaluate their implementation and identify potential implementation errors.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students acquire the skill to convert machine learning algorithms provided in a mathematical formulation or pseudo-code into concrete implementations. These skills include the implementation of performance metrics and the evaluation of the implemented algorithms without the help of third-party libraries. |
| Inhalt<br>Course content | During the semester, Students will be presented 6-10 different machine learning algorithms covering supervised, unsupervised, and semi-supervised learning paradigms as well as different optimization methods. Examples are Decision Trees, Random Forests, Feedforward Neural Networks, Naive Bayes, Hierarchical Agglomerative Clustering, DB Scan, Support Vector Machine, Support Vector Regression, Stochastic Gradient Descent, AdaGrad etc.<br>During the lab sessions, students will have to implement those algorithms independently of each other using high-level programming languages, particularly Python, but without the help of any high-level library. Students will also have to develop corresponding evaluation metrics, like precision, recall, accuracy, average precision etc. and evaluate the algorithms based on standardized test data sets. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio exam consisting in the submission of the implementation code for selected machine learning algorithms plus documentation and the evaluation on a provided test-datasets. Students present their solution and results. (see § 5 Abs. 1 Nr. 4, Point 3 FStuPo Master Computer Science) |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Rechner<br>Blackboard, projector, calculator |
| Literatur<br>Reading list | Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics. |

| 5945 | Advanced Topics in Data Science | PN 482603 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Granitzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vor- und Nachbereitung<br>45 contact hours + 105 hrs exercises, preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Data Science | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>The students will engage advanced topics and recent developments in the field of data science. Special emphasize will be placed on natural computing techniques, like genetic algorithms and deep neural networks, as well as on reinforcement learning. The students will obtain in-depth knowledge on the | |

| | |
|---|---|
| | particular algorithms and application areas (with focus web-based information systems).<br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students will be able to implement data analytical algorithms, in particular deep neural network and reinforcement learning approaches. They will be able to run advanced experiments on large data sets.<br>Kompetenzen / Competencies<br>The students will obtain the competencies to utilize recent data analytical methods, like deep learning, for analysing large data sets from web-based information systems (e.g. social media). Students will be enabled to setup experiments, conduct and evaluate them properly. |
| Inhalt<br>Course content | The following topics will be covered:<br>• Natural Computing<br>• Deep Neural Networks<br>• Representational Learning with Deep Networks including Autoencoder Networks (Denoising, Variational, Sparse), Hopfield Networks, Boltzmann Machines<br>• (Deep) Convolutional Neural Networks<br>• Recurrent Neural Networks<br>• Deep Residual Networks<br>• Deep Reinforcement Learning<br>• Selected Application Areas |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>90-minute examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics. |

| 5946 | Visual Analytics | PN 452003 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes Sommersemester<br>Usually every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Granitzer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vor- und Nachbereitung<br>45 contact hours + 105 hrs exercises, preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Data Science | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Grundbegriffe von Visual Analytics, und wissen, wann welche Techniken eingesetzt werden können. Außerdem besitzen sie Kenntnisse über die visuelle Kodierung von Daten sowie der Repräsentationen von Daten. Sie besitzen einen Überblick über Visualisierungen und | |

| | |
|---|---|
| | über Data Mining Algorithmen und kennen ausgewählte Anwendungen. Sie wissen außerdem, wie man Visual Analytics Anwendungen evaluiert.<br>—<br>The students know the basic concepts of Visual Analytics, and know when to use which techniques. They also have an understanding of visual data encoding, as well as the representations of data. They have an overview of visualizations and data mining algorithms and know selected applications. They also know how to evaluate visual analytics applications.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, Visual Analytics Anwendungen zu erstellen und zu bewerten. Außerdem können sie einschätzen, welche Probleme und Herausforderungen in einem für sie neuen Visual Analytics Szenario auftreten können.<br>—<br>The students have the ability to create visual analytics applications and evaluate them. They can also assess the problems and challenges that can occur in a visual analytics scenario unknown.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erwerben die Kompetenzen für gegebene Daten und Aufgabenstellung selbständig Visual Analytics Anwendungen zu entwickeln.<br>—<br>Students acquire the skills to develop visual analytics applications for given data and tasks independently. |
| Inhalt<br>Course content | Visual Analytics untersucht die Möglichkeiten der Wissenerschließung mit Hilfe interaktiver Visualisierungen. Der Visual Analytics Prozess stützt sich dabei auf eine Kombination von automatischen Prozessen (Data Mining) und interaktiven Visualisierung. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Endnutzer der Applikation, der durch die interaktiven Visualisierungen in den Wissenerschließungsprozess eingebunden ist.<br>Folgende Themen werden behandelt:<br>• Visuelle Kodierug von Daten<br>• Datenrepräsentations- und -transformation<br>• Informationsvisualisierung<br>• Data Mining Algorithmen für visuelle Analysen<br>• Ausgewählte Anwendungen<br>• Evaluierung von Visual Analytics Anwendungen<br>—<br>Visual Analytics examines the possibilities of knowledge discovery through interactive visualizations. The visual analytics |

| | |
|---|---|
| | process relies on a combination of automatic processes (data mining) and interactive visualization. An important role is played by the end user of the application, which is integrated with interactive visualization in the knowledge discovery process.<br>The following topics will be covered:<br>• Visual data encoding<br>• Data representation and transformation<br>• Information Visualization<br>• Data mining algorithms for visual analysis<br>• Selected Applications<br>• Evaluation of visual analytics applications |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 15 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute examination or 15-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Tamara Munzner, Visualization Analysis and Design. A K Peters Visualization Series, CRC Press, 2014.<br>Tan, Pang-Ning. Introduction to data mining, 2 nd Edition. Pearson Education India, 2018.<br>Visual Analytics Digital Library, http://vadl.cc.gatech.edu/ (online) |

| 5951 | Theory of Evolutionary Computation | PN 455399 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sudholt | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sudholt | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“, Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „MLDM“, Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Enführung in die Stochastik<br>Algorithms and Data Structures, Introduction to Stochastics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Am Ende der Lehrveranstaltung werden Studierende in der Lage sein,<br>• die Effizienz evolutionärer Algorithmen mit entsprechenden Analysemethoden zu analysieren,<br>• die Funktionsweise evolutionärer Algorithmen zu verste- | |

| | |
|---|---|
| | hen und ihre Stärken und Schwächen zu kennen,<br>• den Effekt algorithmischer Design-Entscheidungen und Parameterwahlen auf die Performanz evolutionärer Algorithmen zu verstehen,<br>• fundierte Design-Entscheidungen bei der Anwendung evolutionärer Algorithmen zu treffen und<br>• die Effizienz evolutionärer Algorithmen auf anschaulichen Problemen zu beschreiben.<br>—<br>At the end of the course students will be able to<br>• analyse the efficiency of evolutionary algorithms using appropriate analytical methods<br>• understand the working principles of evolutionary algorithms along with their strengths and weaknesses,<br>• appreciate the effect of design choices and parameters on the performance of evolutionary algorithms,<br>• make informed design choices when using evolutionary algorithms, and<br>• describe the efficiency of evolutionary algorithms on illustrative problems. |
| Inhalt<br>Course content | Motivation für die Theorie evolutionärer Algorithmen<br>Methoden zur Analyse evolutionärer Algorithmen<br>Laufzeitanalysen für einfache evolutionäre Algorithmen<br>Der Nutzen von Kreuzungen in evolutionären Algorithmen<br>Analyse evolutionärer Algorithmen auf Problemen der kombinatorischen Optimierung und auf multikriteriellen Problemen<br>Verteilte evolutionäre Algorithmen<br>Adaptive Parameter<br>Black-Box-Komplexität<br>—<br>Motivation for a theory of evolutionary algorithms<br>Tools for the analysis of evolutionary algorithms<br>Runtime analyses for simple evolutionary algorithms<br>The usefulness of crossover in evolutionary algorithms<br>Analyses of evolutionary algorithms on problems from combinatorial optimisation and multi-objective problems<br>Parallel evolutionary algorithms<br>Parameter control<br>Black-box complexity |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 25 min mündliche Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute examination or 25-minute oral examination; the exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester. |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Lectures will be based on books, research papers, surveys and tutorials. Related books include:<br>Frank Neumann, Carsten Witt (2010): Bioinspired Computation in Combinatorial Optimization – Algorithms and Their Computational Complexity. Natural Computing Series, Springer, ISBN 978-3-642-16543-6. (`http://bioinspiredcomputation.com/`)<br>Thomas Jansen (2013): Analyzing Evolutionary Algorithms - The Computer Science Perspective, Natural Computing Series, Springer, ISBN 978-3-642-17339-4.<br>Benjamin Doerr and Frank Neumann (Eds.): Theory of Evolutionary Computation - Recent Developments in Discrete Optimization, Natural Computing Series, Springer, ISBN 978-3-030-29413-7.<br>A. Auger, B. Doerr (Eds.): Theory of Randomized Search Heuristics - Foundations and Recent Developments, Series on Theoretical Computer Science 1, ISBN: 978-981-4282-66-6, World Scientific. |

| 5952 | Randomisierte Algorithmen<br>Randomised Algorithms | PN 455388 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sudholt | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sudholt | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“, Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „MLDM“, Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Enführung in die Stochastik<br>Algorithms and Data Structures, Introduction to Stochastics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Am Ende der Lehrveranstaltung werden Studierende in der Lage sein,<br>• die Effizienz randomisierter Algorithmen zu analysieren,<br>• Randomisierung als Werkzeug beim Design effizienter | |

| | |
|---|---|
| | Algorithmen einzusetzen,<br>• die Vor- und Nachteile von Randomisierung zu beschreiben,<br>• grundlegende randomisierte Algorithmen für wichtige Probleme zu beschreiben, und<br>• ein Thema im Bereich randomisierte Algorithmen eigenständig darzustellen.<br>—<br>At the end of the course students will be able to<br>• analyse the efficiency of randomised algorithms,<br>• use randomness as a tool in the design of efficient algorithms,<br>• describe the pros and cons of randomised algorithms,<br>• describe fundamental randomised algorithms for important problems, and<br>• work independently on describing a topic from the area of randomised algorithms. |
| Inhalt<br>Course content | Motivation und Klassifikation randomisierter Algorithmen<br>Paradigmen für den Entwurf randomisierter Algorithmen (z.B. Methode der Fingerabdrücke, Wahrscheinlichkeitsverstärkung, randomisiertes Runden)<br>Methoden zur Analyse randomisierter Algorithmen (z.B. probabilistische Rekurrenzen, Markoffketten, Random Walks, Markoff- und Chernoff-Schranken)<br>Randomisierte Algorithmen für grundlegende Optimierungsprobleme (z.B. Schnittprobleme, MaxSat)<br>—<br>Motivation for randomised algorithms and classification of randomised algorithms<br>Paradigms for the design of randomised algorithms (e.g. fingerprinting, probability amplification, randomised rounding)<br>Methods for the analysis of randomised algorithms (e.g. probabilistic recurrences, Markov chains, random walks, Markov's inequality and Chernoff bounds)<br>Randomised algorithms for fundamental optimisation problems (e.g. cut problems, MaxSat) |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>Klausur oder mündliche Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Schriftliche Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema aus dem Gebiet randomisierte Algorithmen.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen be- |

| | |
|---|---|
| | standen werden.<br>—<br>Two assessment components:<br>Assessment component 1 (80%):<br>Written or oral exam; the exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester.<br>Assessment component 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject from randomised algorithms.<br>To pass the examination, both assessment components have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Juraj Hromkovič, Randomisierte Algorithmen. Teubner, 2004<br>Rajeev Motwani, Prabhakar Raghavan, Randomized Algorithms. Cambridge University Press, 1995.<br>Michael Mitzenmacher, Eli Upfal, Probability and Computing, $2^{nd}$ edition, Cambridge University Press, 2017 |

| 5953 | Algorithms under Uncertainty | PN 471980 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sudholt | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Opris | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“, Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „MLDM“, Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. selbständige Vor- und Nachbereitung<br>60 contact hours + 120 hrs independent preparation and studying of the materials | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Enführung in die Stochastik, Stochastik für Informatiker<br>Algorithms and Data Structures, Introduction to Stochastics, Mathematics for Computer Science III | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Am Ende der Lehrveranstaltung werden Studierende in der Lage sein,<br>• Unsicherheiten in Problemstellungen zu erkennen,<br>• Unsicherheiten geeignet zu modellieren, | |

| | |
|---|---|
| | • die Effizienz von Algorithmen unter Unsicherheiten zu analysieren,<br>• effiziente Algorithmen zu entwerfen, um gezielt mit Unsicherheiten umgehen zu können.<br>—<br>At the end of the course students will be able to<br>• identify and characterize uncertainties in computational problems,<br>• model uncertainties using appropriate techniques,<br>• evaluate the efficiency of algorithms in uncertain environments,<br>• design efficient algorithms to manage and mitigate uncertainty. |
| Inhalt<br>Course content | In diesem Kurs betrachten wir Algorithmen, die Entscheidungen nur mit aktueller Information und ohne Wissen über die Zukunft treffen. Solche Online-Entscheidungen treten z. B. bei Job-Scheduling oder Routenplanung auf. Die Hauptthemen des Kurses sind: Modellieren von Problemen unter Unsicherheit (z.B. durch Lineare Programme, Dualitäten, Relaxierungen, Online-Settings, Learning-Settings, Stochastische Methoden)<br>Algorithmen unter Unsicherheit für grundlegende Optimierungsprobleme (z.B. Online Set-Cover, Steinerbäume, Stochastisches Set-Cover, Konvexe Optimierung)<br>Analyse von Algorithmen unter Unsicherheit (z.B. durch kompetitive Analyse, Kostenanalyse oder Laufzeitanalyse, auch unter Zufall)<br>—<br>This course covers algorithms that decide with current information only, without knowing the future. Such online decisions arise in settings like job scheduling and route planning. The main topics include:<br>Modeling problems under uncertainty (e.g., through linear programs, dualities, relaxations, online settings, learning settings, stochastic methods)<br>Algorithms under uncertainty for fundamental optimization problems (e.g., online set cover, Steiner trees, stochastic set cover, convex optimization)<br>Analysis of algorithms under uncertainty (e.g., through competitive analysis, cost analysis, or runtime analysis, also under randomness) |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute examination or 30-minute oral examination; the ex- |

| | |
|---|---|
| | act mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | N. Buchbinder, J. Naor: The Design of Competitive Online Algorithms via a PrimalDual Approach. Foundations and Trends in Theoretical Computer Science 3(2-3): 93-263 (2009)<br>Naveen Garg, Anupam Gupta, Stefano Leonardi, Piotr Sankowski: Stochastic analyses for online combinatorial optimization problems. SODA 2008<br>D. Shmoys, C. Swamy: Stochastic optimization is (almost) as easy as deterministic optimization, FOCS 2004<br>A.Gupta, M.Pal,R. Ravi, A.Sinha: Boosted sampling: approximation algorithms for stochastic optimization, STOC 2004<br>Peter Auer, Nicolo Cesa-Bianchi, Yoav Freund, and Robert E. Schapire. The Nonstochastic Multiarmed Bandit Problem. SIAM J. Comput. 32, 48-77, 2003<br>Elad Hazan: Introduction to Online Convex Optimization. Foundations and Trends in Optimization. 2:3-4, ISBN-13:978-168083170, 2016. |

| 5954 | Design and Implementation of Search Engines | PN 455370 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Wird vermutlich nicht mehr angeboten<br>Probably not offered anymore | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Krestel | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Krestel | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenzzeit + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung der Versuche<br>60 contact hours + 120 hrs laboratory preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Information Retrieval und Natural Language Processing, Programmierung in Java<br>Information Retrieval and Natural Language Processing, Programming in Java | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen die unterschiedlichen Module einer modernen Volltextsuchmaschine kennen. Sie lernen große Datenmengen zu verarbeiten und mit diesen Daten effizient um- | |

| | |
|---|---|
| | zugehen.<br>—<br>Students get to know the various modules that constitute a modern full text search engine. They learn to process large datasets and handle them efficiently.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden üben den Entwurf, die Implementierung und die Evaluierung eines komplexen Softwaresystems. Sie lernen in kleinen Teams ein System zu entwickeln.<br>—<br>Students practice the design, implementation, and evaluation of a complex software system. They learn in small teams to develop a system.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden lernen Designentscheidungen abzuwägen und eigenständig zu treffen. Sie begleiten den kompletten Softwareentwicklungsprozess anhand einer selbstentwickelten Suchmaschine und lernen Forschungsergebnisse kritisch zu bewerten und praktisch umzusetzen.<br>—<br>The students learn to evaluate design decisions. They pass through the complete software development cycle by implementing their own search engine. They learn to evaluate research papers and to include research results in their systems. |
| Inhalt<br>Course content | • Suchmaschinen Grundlagen / Search Engine Basics<br>• Datengewinnung / Data aquisition<br>• Texttransformierung / Text transformation<br>• Informationsextraktion / Information extraction<br>• Indexgenerierung / Index generation<br>• Retrieval-Modelle /retrieval models<br>• Benutzeroberfläche / user interfaces<br>• Evaluierung /evaluation<br>• Dokumentenrepräsentation / document representation<br>• Machinelles Lernen für IR / machine learning for IR<br>• Web Skalierung / Web scale<br>• Performanz / performance<br>• Linkanalyse / link analysis |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Vorführung der Versuche<br>Practical coursework and demonstration of the experiments. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Büttcher, Clarke, Cormack: Information Retrieval – Implementing and Evaluating Search Engines |

| | |
|---|---|
| | Croft, Metzler, Strohman: Search Engines – Information Retrieval in Practice |

| 5956 | Autonomous Learning | PN 455353 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Wird vermutlich nicht mehr angeboten<br>Probably not offered any more | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Tomforde | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Tomforde | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std Präsenz und 120 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vor- und Nachbereitung<br>60 contact hours and 120 hrs exercises, preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Complex Systems Engineering (Bachelor)<br>Organic Computing (Master) | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Verständnis von Verfahren zur Erreichung von „Intelligenz“ in technischen Systemen, Steuerung des Lernverhaltens mit minimaler Nutzerinteraktion, kontinuierlicher Selbstverbesserung des Systemverhaltens, Kooperation beim Lernen zwischen verteilten technischen Systemen | |

| | |
|---|---|
| | —<br>Understanding of procedures for achieving „intelligence“ in technical systems, controlling learning behaviour with minimum user interaction, continuous self-improvement of system behaviour, cooperating during the learning process of distributed technical systems<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Auswahl und Anwendung von Techniken des maschinellen Lernens in technischen Systemen unter Echtweltbedingungen zur Steuerung von autonomem Systemverhalten<br>—<br>Selecting and applying machine learning techniques in technical systems under real world circumstances to control autonomous system behaviour<br>Kompetenzen / Competencies<br>Fähigkeit, autonome Lernverfahren und deren Verhalten analysieren zu können, relevante Bewertungsgrößen bestimmen und interpretieren können / Kompetenz, intelligente technische Systeme mit der Fähigkeit zum autonomen Lernen planen, entwerfen und entwickeln zu können<br>—<br>Ability to analyze autonomous learning procedures and their behaviours, to define and interpret relevant assessment parameters / Capacity of planning, designing and developing intelligent technical systems that are able to learn autonomously |
| Inhalt<br>Course content | • Verfahren zur autonomen Optimierung von Hyperparametern<br>• Verfahren des aktiven Lernens<br>• Verfahren des kollaborativen Lernens<br>• Transfer Learning<br>• Reinforcement Learning<br>• Self-Awareness und self-reflection in technischen Systemen<br>• Meta-Learning<br>• Anwendungsbeispiele<br>—<br>• Procedures to autonomously optimize hyper parametres<br>• Active learning procedures<br>• Collaborative learning<br>• Transfer Learning<br>• Reinforcement Learning<br>• Self-Awareness and self-reflection in technical systems<br>• Meta-Learning<br>• Application examples |

| | |
|---|---|
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 25 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute examination or approx. 25-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer (Folien), Tafel (oder Labor/Rechner/...), Übungsblätter, wissenschaftliche Veröffentlichungen<br>presentation, projector (slides), blackboard (or lab, computer,...), exercise sheets, scientific publications |
| Literatur<br>Reading list | Die grundlegende Vorlesung basiert auf den folgenden Büchern, weiterführende Literatur wird im Rahmen der einzelnen Themen benannt:<br>Lectures are basically based on the following books, information on additional literature will be given when individual topics are discussed:<br>T. Mitchell: Machine Learning<br>E. Alpaydim: Introduction to Machine Learning (Adaptive Communication and Machine Learning)<br>C. Müller-Schloer, S. Tomforde: Organic Computing – Technical Systems for Survival in the real World<br>B. Settles: Active Learning<br>M. Yamada, Jianhuii Chen, Yi Chang: Transfer Learning: Algorithms and Applications<br>C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics) |

| 5960 | Partielle Differentialgleichungen<br>Partial Differential Equations | PN 405167 |
|---|---|---|

| | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Mironchenko, Wirth |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 30 Std. Übungen + 75+75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>45 contact hours + 30 hrs exercises + 75+75 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 7 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Gewöhnliche Differentialgleichungen<br>Analysis I+II, Linear Algebra I+II, Ordinary Differential Equations |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Nach Beendigung dieser Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage,<br>• Fragestellungen der Naturwissenschaften mithilfe von |

| | |
|---|---|
| | partiellen Differentialgleichungen (PDGl) zu modellieren.<br>• Techniken für die analytische Lösung von Anfangsrandwertaufgaben für PDGl anzuwenden.<br>• die Wohlgestelltheit von Anfangsrandwertaufgaben für PDGl zu untersuchen.<br>• das asymptotische Verhalten der Lösungen von PDGl zu analysieren.<br>—<br>The students will be able to<br>• Model the questions of the natural sciences using the partial differential equations (PDEs).<br>• Apply the techniques for the analytic solution of the initial boundary value problems for PDEs.<br>• Analyze the well-posedness of the initial boundary value problems for PDEs.<br>• Analyze the asymptotic behavior of the solution of PDEs. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Modellierung durch partielle Differentialgleichungen<br>• Partielle Differentialgleichungen erster Ordnung.<br>• Sobolevräume<br>• Anfangsrandwertaufgaben für elliptische, parabolische, und hyperbolische Gleichungen.<br>• Darstellungsformeln für die Lösungen von linearen PDGl.<br>• Asymptotik partieller Differentialgleichungen<br>—<br>The following topics will be studied:<br>• Modeling via partial differential equations.<br>• PDEs of the first order<br>• Sobolev spaces<br>• initial boundary value problems for elliptic, parabolic and hyperbolic PDEs<br>• Representation formulas for linear PDEs<br>• Asymptotics of PDEs |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>90 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung.<br>Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein vertiefendes Thema der PDGl. |

| | |
|---|---|
| | Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>90-minute examination or 30-minute oral examination.<br>The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written paper (up to 10 pages) on an advanced subject from PDEs.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Online Lehre via Zoom<br>Blackboard, online teaching via Zoom |
| Literatur<br>Reading list | L. Evans. Partial Differential Equations, AMS, 2010<br>W.A. Strauss. Partielle Differentialgleichungen, Vieweg, 1995<br>C. Cryer. Numerik Partieller Differentialgleichungen (Vorlesungsskript) |

| 5961 | Halbgruppentheorie<br>Semigroup Theory | PN 405213 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>All four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Mironchenko, Wirth | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 85 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 50 hrs exercises + 85 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Funktionalanalysis<br>Analysis I+II, Linear Algebra I+II, Functional Analysis | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Theorie der stark stetigen Halbgruppen, insbesondere die Eigenschaften der Generatoren von Halbgruppen und die Theorie der Evolutionsgleichungen in Banachräumen. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Fragen der Naturwissenschaften als Differentialgleichungen in Banachräumen zu formulieren und diese Gleichungen mit Hilfe der Halbgruppentheorie zu lösen und zu analysieren. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Stark stetige Halbgruppen. Generationssätze von Hille-Yoshida und Lumer-Phillips.<br>• Spektraltheorie für Halbgruppen und deren Generatoren.<br>• Stabilität der stark stetigen Halbgruppen.<br>Anwendungen an die Analysis von Evolutionsgleichungen. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | ca. 20 min mündliche Prüfung<br>20-minute oral examination |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Übungsblätter<br>Blackboard, exercises |
| Literatur<br>Reading list | Thierry Cazenave, Alain Haraux. An Introduction to Semilinear Evolution Equations, 1998.<br>Klaus-Jochen Engel, Rainer Nagel. One-parameter semigroups for linear evolution equations, 2000.<br>Tosio Kato. Perturbation Theory for Linear Operators, 1995.<br>Amnon Pazy. Semigroups of Linear Operators and Applications to Partial Differential Equations, 1983 . |

| 5962 | Symbolische Dynamik und Kodierung<br>Symbolic Dynamics and Coding | PN 485212 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Epperlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Std. Präsenz, 90+90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours, 90+90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra I+II<br>Analysis I+II, Linear Algebra I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen nach dieser Vorlesung symbolische dynamische Systeme und wissen, wie sich allgemeine Konzepte der Theorie dynamischer Systeme für deren Analyse anwenden lassen. Ferner kennen sie grundlegende Zusammenhänge zwischen symbolischen Systemen, Graphentheorie und der Kodierung und Dekodierung von Daten. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>After completion of this course the students know about symbolic dynamical systems and how to apply general concepts from the theory of dynamical systems to the study of shift spaces. Furthermore, they know the basic connections between symbolic systems, graph theory and (de-) coding of data.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden können Werkzeuge aus verschiedenen Bereichen der Mathematik und theoretischen Informatik kombinieren und zur Analyse symbolischer Systeme anwenden. Insbesondere können sie symbolische Systeme mit topologischen Methoden untersuchen. Sie können Algorithmen zur Bestimmung von Codes mit vorgegebenen Eigenschaften anwenden.<br>—<br>The student are able to combine tools from diverse areas of mathematics and theoretical computer science and to apply them to the analysis of symbolic system. In particular they are able to study symbolic systems using topological methods. They can apply algorithms to determine codes with prescribed properties. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt: Shift-Räume, Graphen, Codes, Entropie, Perron-Frobenius-Theorie, topologische Markov-Ketten, zelluläre Automaten, Klassifikations- und Entscheidbarkeitsprobleme für Eigenschaften dieser Systeme<br>—<br>The following topics will be covered: shift spaces, graphs, codes, entropy, Perron-Frobenius theory, topological Markov chains, cellular automata, classifcication and decision problems for properties of these systems |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Für den Master Computational Mathematics ist zusätzlich eine Hausarbeit im Umfang von etwa 10 Seiten zu einem weiterführenden Thema zu erstellen. Die Note dieser Hausarbeit geht zu 20% in die Gesamtnote ein.<br>120-minute written exam or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. For the Master Computational Mathematics an additional paper of about 10 pages on an advanced topic has to be handed in. The final grade is a weighted average of the written/oral exam (80%) and the paper (20%). |
| Medienformen<br>Media used | Beamer-Präsentation, Tafel, Vorlesungsskript, Übungsblätter<br>Presentation with projector, blackboard, lecture notes, exerci- |

| | |
|---|---|
| | se sheets |
| Literatur<br>Reading list | D. Lind, B. Marcus: An Introduction to Symbolic Dynamics and Coding. Cambridge University Press, 1995 |

| 5963 | Numerik von Differentialgleichungen<br>Numerics of Differential Equations | PN 451012 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Wirth | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz + 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 contact hours + 90 + 90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Gewöhnliche Differentialgleichungen<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Ordinary Differential Equations | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Überblick über Methoden zur Schätzung, Bewertung und Steuerung von Approximationsfehlern<br>Klassifikation von Problemen bei Differentialgleichungen<br>Überblick über verschiedene Verfahren zur numerischen Lö- | |

| | |
|---|---|
| | sung<br>—<br>An overview over methods for the estimation, evaluation and control of approximation errors<br>Classification of problems of differential equations<br>Knowledge of various methods for the numerical solution<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Problemstellungen theoretisch analysieren und geeignete Rahmenbedingungen für numerische Verfahren auswählen. Sie können numerische Verfahren in Bezug auf Anwendbarkeit und Zweckmäßigkeit beurteilen.<br>—<br>The participants can analyze problems from a theoretical perspective and are able to choose appropriate parameters for numerical methods. They can evaluate numerical methods in terms of applicability and practicability. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Verfahren für gewöhnliche Anfangs- und Randwertprobleme,<br>• steife Differentialgleichungen,<br>• Standardverfahren für partielle Differentialgleichungen.<br>—<br>The following topics are covered:<br>• Methods for initial value and boundary value problems of ordinary differential equations,<br>• stiff problems,<br>• standard methods for partial differential equations. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Die Prüfung besteht aus zwei Teilleistungen<br>Teilleistung 1 (80%): 120 min Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 min); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%): Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema zur Numerik von Differentialgleichungen. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>—<br>The examination consists of two parts<br>Part 1 (80%): 120 min written exam or oral exam of about 30 min. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) on a subject on the numerical solution of differential equations.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Overhead<br>Blackboard, projector, slides |
| Literatur<br>Reading list | P. Deuflhard, F. Bornemann Numerische Mathematik II, De Gruyter 2002, Signatur: 80/SK 900 D485-2(4)<br>P. Deuflhard, F. Bornemann Scientific computing with ordinary differential equations, Springer 2002, Number 80/SK 520 D485<br>K. Strehmel, R. Weiner Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Springer Spektrum 2012, Signatur: 80/SK 920 S915 N9(2)<br>M. Hanke-Bourgeois Grundlagen der Numerischen Mathematik und des wissenschaftlichen Rechnens, Teubner 2002 |

| 5964 | Dynamische Systeme<br>Dynamical Systems | PN 482402 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Wirth | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 contact hours, 90 + 90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I+II, Analysis I+II<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe, Konzepte und Phänomene im Bereich topologischer dynamischer Systeme mit kompakten Zustandsräumen.<br>—<br>The participants are familiar with the fundamental notions, concepts and phenomena associated with topological dynami- | |

| | |
|---|---|
| | cal systems on compact state spaces.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Kompetenzen in der selbständigen Bearbeitung von Problemstellungen, Fertigkeiten zur Formulierung und Bearbeitung von theoretischen Fragestellungen mit Hilfe der erlernten Methoden.<br>—<br>Competencies in the independent work on mathematical problems, abilities to formulate and solve theoretical problems by using the acquired methods. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>Topologische dynamische Systeme, Rekurrenz, symbolische Dynamik, Chaos, topologische Entropie<br>—<br>The following topics are covered:<br>Topological dynamical systems, recurrence, symbolic dynamics, chaos, topological entropy |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Zusätzlich ist eine Hausarbeit im Umfang von etwa 10 Seiten zu einem weiterführenden Thema zu erstellen. Die Note dieser Hausarbeit geht zu 20% in die Gesamtnote ein.<br>—<br>90-minute written or oral exam of about 20 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Additionally, a paper of about 10 pages on an advanced topic has to be handed in. The final grade is a weighted average of the written/oral exam (80%) and the paper (20%). |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Overhead, Beamer<br>Slides, projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Katok, Anatole<br>Hasselblatt, Boris - Titel: Introduction to the modern theory of dynamical systems<br>Robinson, Clark -Titel: Dynamical systems<br>Guckenheimer, John - Titel: Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields<br>Lasota, Andrzej -Titel: Chaos, fractals, and noise: stochastic aspects of dynamics<br>Amann, Herbert - Titel: Gewöhnliche Differentialgleichungen<br>Wiggins, Stephen - Titel: Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos |

| | |
|---|---|
| | Arrowsmith, David K. - Titel: Dynamical systems: differential equations, maps and chaotic behaviour |

| 5965 | Topologie<br>Topology | PN 485382 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Glück | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 + 30 Std. Präsenz, 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 + 30 contact hours, 60 + 60 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Analysis I + II<br>Linear Algebra I, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden können<br>• zentrale Begriffe der Analysis wie Stetigkeit und verschiedene Konvergenzarten in topologischer Terminologie wiedergeben und verwenden,<br>• mehrere Beispiele von topologischen Räumen angeben und verschiedene Eigenschaften topologischer Räume anhand dieser Beispiele unterscheiden, | |

| | |
|---|---|
| | • topologische Eigenschaften von Räumen in konkreten Situationen identifizieren,<br>• Definition, Bedeutung und potentielle Anwendungen von zentralen Konzepten wie Kompaktheit und Zusammenhang erläutern,<br>• wichtige Sätze wie den Satz von Tychonoff, den Fortsetzungssatz von Tietze und den Satz von Baire in konkreten Situationen anwenden.<br>—<br>The students are able to<br>• use and explain important analytical notions such as continuity and various modes of convergence in topological terminology,<br>• name several examples of topological spaces and distinguish various properties of topological spaces by means of these examples,<br>• identify topological properties of spaces in concrete situations,<br>• explain the definition, meaning and potential applications of important concepts such as compactness and connectedness,<br>• apply important theorems such as Tychonoff's theorem, Tietze's extension theorem and Baire's category theorem in concrete situations. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>• Grundlegende Begriffe in topologischen Räumen (insbesondere offene und abgeschlossene Mengen, Randpunkte, innere Punkte und Umgebungen)<br>• Konvergenz von Netzen und Filtern<br>• Stetigkeit von Abbildungen<br>• Standardkonstruktionen für topologische Räume (z.B. Produkträume, Spurtopologie, Initialtopologie, Finaltopologie)<br>• Kompaktheit und der Satz von Tychonoff<br>• Trennungsaxiome für topologische Räume und Fortsetzungssätze für stetige Funktionen<br>• Metrische Räume<br>• Der Satz von Baire<br>• Zusammenhängende Mengen<br>—<br>The following topics are covered:<br>• Basic notions in topological spaces (in particular, open and closed sets, boundary points, interior points and neighbourhoods)<br>• Convergence of nets and filters |

| | |
|---|---|
| | • Continuity of mappings<br>• Standard constructions for topological spaces (e.g. product spaces, subspace topology, initial topology, final topology)<br>• Compactness and Tychonoff's theorem<br>• Separation axioms for topological spaces and extension theorems for continuous functions<br>• Metric spaces<br>• Baire category theorem<br>• Connected sets |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein vertiefendes Thema der Topologie.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>120 minutes written exam or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the beginning of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written paper (up to 10 pages) on an advanced subject from topology.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Übungsblätter<br>Blackboard, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | V. Runde, A taste of topology, Springer, 2005<br>B. v. Querenburg, Mengentheoretische Topologie, Springer, 2001<br>J. R. Munkres, Topology, Prentice Hall, 2000<br>L. A. Steen, J. A. Seebach, Counterexamples in topology, Springer, 1978 |

| 5967 | Mathematische Systemtheorie<br>Mathematical Systems Theory | PN 482401 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Wirth | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz + 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 contact hours + 90 + 90 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Gewöhnliche Differentialgleichungen<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Ordinary Differential Equations | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der linearen Systemtheorie, wie Kontrollierbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilisierbarkeit. Sie kennen Methoden der Stabilisierung und des | |

| | |
|---|---|
| | Beobachterentwurfs. Ferner kennen Sie den Zusammenhang zwischen Modellen in Zustandsraumbeschreibung und Frequenzbereichsdarstellungen, Elemente der Realisierungstheorie und der Modellreduktion<br>—<br>The participants are familiar with the fundamental concepts of linear systems theory, such as controllability, stabilizability, observability and they command methods for designing stabilizing feedbacks and observers. They are aware of the relations between state space models and models in the frequency domain. They know elements of realization theory and model reduction.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage, Regelungssysteme auf Stabilisierbarkeit und Beobachtbarkeit hin zu prüfen und sie können gegebenenfalls Regler und Beobachter entwerfen. Sie beherrschen die Grundlagen der Modellreduktion. Die Studierenden können unterschiedliche Regelungsaufgabe als linear-quadratisches Problem der optimalen Steuerung formulieren. Sie beherrschen die wesentlichen Lösungsansätze aus der Theorie der Riccatigleichungen.<br>—<br>The participants can analyze control systems and check for stabilizability and observability. If possible, they can design stabilizing feedbacks and observers. They can apply the fundamental techniques of realization theory. They are capable of formulating various control tasks as linear quadratic optimal control problems and they can apply techniques from the theory of Riccati equations to solve these. |
| Inhalt<br>Course content | Zustandsraumsysteme, Stabilität und Lyapunovfunktionen, Stabilisierung durch Rückkopplung, Polverschiebungssatz, Beobachterentwurf und dynamische Rückkopplung, Eingangs-Ausgangssysteme, Transferfunktionen, Realisierungstheorie, Modellreduktion, Das linear-quadratische optimale Steuerungsproblem, Riccatigleichungen, Folgeregelung.<br>—<br>State space systems, stability and Lyapunov functions, stabilization by feedback, pole placement theorem, observer design and dynamic feedback, input-output systems, transfer functions, realization theory. Model reduction, the linear-quadratic regulator problem, Riccati equations, tracking. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. |

| | |
|---|---|
| | 90-minute written examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Vorlesungsskript, Übungsblätter<br>Blackboard, projector presentation, lecture notes, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | E.D. Sontag: Mathematical Control Theory, Springer-Verlag, New York 1998 |

| 5968 | Topologie II<br>Topology II | PN 422180 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Epperlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 + 30 Std. Präsenz, 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 + 30 contact hours, 60 + 60 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Analysis I + II, Grundlegende Kenntnisse aus der Algebra<br>Linear Algebra I, Analysis I+II, Basic knowledge of Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students are able to<br>• use algebraic tools to classify topological spaces<br>• model well-known topological spaces as simplicial complexes<br>• calculate the fundamental group as well as the homology | |

| | |
|---|---|
| | groups of important spaces<br>• apply results from algebraic topology to problems in combinatorics and analysis |
| Inhalt<br>Course content | The following topics are covered:<br>• homotopy<br>• fundamental groups and covering spaces<br>• finitely generated groups and their Cayley graphs<br>• categories<br>• simplicial complexes and their homology groups<br>• tools to compute fundamental and homology groups, such as the Seifert-van Kampen theorem and the Mayer-Vietoris sequence<br>• applications of algebraic topology such as the Brower fixed-point theorem and the Borsuk-Ulam theorem |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br><br>120 minutes written exam or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Übungsblätter<br>Blackboard, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | J. R. Munkres, Topology, 2000<br>J. J. Rotman, An introduction to algebraic topology, 1988<br>A. Hatcher, Algebraic Topology, 2001<br>J. Matoušek, Using the Borsuk-Ulam Theorem, 2003 |

| 5970 | Scaling Database Systems | PN 451016 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Scherzinger | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Scherzinger | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Programmierkenntnisse, Grundlagen Datenbanken- und Informationssysteme<br>Programming skills, fundamentals of databases and information systems | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Skalierbarkeit bei der Verarbeitung von großen Datenmengen. Sie verstehen die Stärken und Grenzen von SQL-on-Hadoop Systemen. | |

| | |
|---|---|
| | Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der Architektur und der Leistungsfähigkeit eines Datenbankmanagementsystems.<br>—<br>The students understand the importance of scalability when managing large amounts of data. The students understand about strengths and limitations of SQL-on-Hadoop systems. The students understand how database systems architecture enables performance.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, für ein konkretes Datenverarbeitungsproblem zwischen einem klassischen Datenbankmanagementsystem und einem SQL-on-Hadoop System zu wählen.<br>—<br>The students are able to choose between a classical database management system and a SQL-on-Hadoop system.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, eigene Optimierungen für Datenmanagementsysteme zu entwickeln und auch zu implementieren.<br>—<br>The students have the competence to design their own optimizations for data management systems, as well as to implement them. |
| Inhalt<br>Course content | • Speicherung von großen Datenmengen in BigTable-basierten Systemen wie Hadoop File System (HDFS).<br>• Verarbeitung von großen Datenmengen in MapReduce-basierten Systemen wie Hadoop.<br>• Optimierung der Ausführung von SQL Anfragen auf großen Datenmengen (analog zu Hive und Spark).<br>—<br>• Managing large amounts of data in BigTable-based systems such as Hadoop File System (HDFS).<br>• Processing large amounts of data in MapReduce-based systems such as Hadoop.<br>• Optimized evaluation of SQL queries on large volumes of data (as done in Hive and Spark). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Teil 1(30%): Individuelles Programmierprojekt „miniHive“ in Python<br>Teil 2(70%): 60 min. schriftliche Klausur<br>Zum Bestehen des Moduls muss die schriftliche Klausur bestanden werden, sowie das gewichtete arithmetische Mittel der Teilnoten 4,0 oder besser betragen. |

| | |
|---|---|
| | Part 1(30%): Individual Programming project "miniHive" in Python<br>Part 2(70%): 60-minute written examination<br>To pass the examination, the written examination has to be passed, and the weighted arithmetic mean of the component grades must be 4.0 or better. |
| Medienformen<br>Media used | Flipped Classroom (Videos im Selbststudium, Vertiefung des Stoffes anhand von Übungsaufgaben im Präsenzstudium), begleitendes Programmierprojekt (Python)<br>Flipped classroom (videos for self-study, in-class exercises), programming project (Python) |
| Literatur<br>Reading list | Martin Kleppmann: Designing Data-Intensive Applications, O'Reilly, 2017.<br>Chuck Lam: Hadoop in Action, Manning, 2010.<br>Donald Miner, Adam Shoock: MapReduce Design Patterns, O'Reilly, 2012.<br>Anand Rajaraman, Jeffrey Ullman: Mining of Massive Datasets, Cambridge University Press, 2020. |

| 5980 | Text Mining | PN 405024 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes Sommersemester<br>Usually every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Mitrovic | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 75 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 85 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>75 contact hours + 50 hrs exercises + 85 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 7 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Programmierkenntnisse in Java oder Python<br>Linear Algebra, probability theory, programming in java or python | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden sollen die Grundlagen des Text-Mining verstehen. Sie erwerben Kenntnisse über textorientierte Algorithmen mit deren Hilfe Kerninformationen der verarbeiteten Tex- | |

| | |
|---|---|
| | te schnell erkannt werden.<br>—<br>The students have an understanding of the basic concepts of text mining. They know text-orientated algorithms for identifying core information of processed texts quickly.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erwerben die Kompetenzen, einen Textkorpus zu analysieren und interessante Muster zu extrahieren.<br>—<br>The students acquire the skills to analyse a text corpus and extract interesting patterns. |
| Inhalt<br>Course content | Text-Mining ist ein Bündel von Algorithmus-basierten Analyseverfahren zur Entdeckung von Bedeutungsstrukturen aus un- oder schwachstrukturierten Textdaten. Qualitativ hochwertige Information wird in der Regel durch die Erkennung von Mustern und Trends abgeleitet. Dies beinhaltet Verfahren zur Strukturierung der Eingangstexte (in der Regel ein Parsing unter Berücksichtigung linguistischer Merkmale), eine Mustererkennung und schließlich Auswertung und Interpretation der Ausgabe.<br>Die folgenden Inhalte werden geboten:<br>• Text Processing und Edit Distance<br>• Language Modeling<br>• Text Classification und Sentiment Analysis<br>• Maxent Model und Named Entity Recognition<br>• POS Tagging / Parsing<br>• Lexical Semantics<br>• Informationsextraktion<br>• Trend und Topic Detection |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 15 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute examination or 15-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Projektor, Rechner<br>Blackboard, projector, computer |
| Literatur<br>Reading list | Christopher Manning und Hinrich Schütze. Foundations of Statistical Natural Language Processing<br>Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan and Hinrich Schütze, Introduction to Information Retrieval<br>Eigenes Skriptum / Lecture notes |

| 5981 | Text Mining Project | PN 405025 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Granitzer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Mitrovic | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 3Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 60 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 8 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Programmierkenntnisse in Java oder Python<br>Linear Algebra, probability theory, programming in java or python | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen in der praktischen Anwendung grundlegende Konzepte und die wichtigsten Methoden zur Analyse von Textdaten. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students learn basic concepts and the most important methods for analyzing text data in a practical application.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erwerben die Grundkompetenzen in Python und der NLTK (Natural Language Toolkit) Bibliothek. Diese Kompetenz erlaubt die Extraktion nützlicher Information aus unstrukturierten Texten, um damit eine breite Palette von realen Anwendungen anzugehen.<br>—<br>Students acquire the basic competencies in Python and the NLTK library. With these competencies the students are able to extract useful information from unstructured texts from a broad scope of real-life applications. |
| Inhalt<br>Course content | Der Kurs bietet eine leicht zugängliche Einführung in das Text Mining und die Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP). Das Thema erlaubt eine Vielzahl von Anwendungen, von der automatischen Worterkennung und Email-Filterung bis hin zur automatischen Zusammenfassung und Übersetzung. Die Teilnehmer lernen, wie man Python-Programme erstellt, um große Sammlungen unstrukturierter Texte automatisch zu verarbeiten. Ebenso, wie man Sprach-Ressourcen (reich annotierte Datensätze) mittels einer umfassenden Palette an linguistischer Datenstrukturen verwendet. Die Teilnehmer lernen die wichtigsten Algorithmen für die Analyse des Inhalts und der Struktur schriftlicher Kommunikation kennen. Dies wird vermittelt anhand umfangreicher Beispiele und Übungen.<br>Beispielsweise lernen die Teilnehmer:<br>• Die Informationsgewinnung aus unstrukturierten Texten, zur Themen-Erkennung (Topic Detection) oder der Identifikation wichtiger Begriffe (Named Entitites)<br>• Die Analyse linguistischer Strukturen im Text; einschließlich Parsing und semantischer Analyse<br>• Zugriff auf linguistische Datenbanken inklusive WordNet und Treebanks<br>• Die Integration von Techniken aus so unterschiedlichen Bereichen wie der Linguistik und der künstlichen Intelligenz<br>Der Kurs vermittelt praktische Fähigkeiten in der Verarbeitung natürlicher Sprache mit Hilfe der Programmiersprache Python und dem Natural Language Toolkit (NLTK).<br>Mögliche Projektarbeiten umfassen die automatische Text-Analyse Sozialer Medien (bspw Twitter), die Analyse multilingualer Nachrichtenquellen, die Erzeugung von Sprachressourcen, oder die Erzeugung eines Wissensgraphs mittels Wi- |

| | |
|---|---|
| | kipedia.<br>Die folgenden Inhalte werden im Detail geboten:<br>• Language Processing and Python<br>• Accessing Text Corpora and Lexical Resources<br>• Processing Raw Text<br>• Categorizing and Tagging Words<br>• Learning to Classify Text<br>• Extracting Information from Text<br>• Analyzing Sentence Structure<br>• Building Feature-Based Grammars<br>• Analyzing the Meaning of Sentences<br>• Managing Linguistic Data |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Projektarbeit, bestehend aus Source-Code, schriftliche Ausarbeitung in Form eines technischen Berichts und Präsentation der Arbeit<br>Project work: source code, technical report and presentation |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Projektor, Rechner<br>Blackboard, projector, computer |
| Literatur<br>Reading list | Steven Bird, Ewan Klein and Edward Loper (2009), Natural Language Processing with Python, O'Reilly Media<br>Eigenes Skriptum / Lecture Notes |

| 5983 | Big Data Management | PN 455374 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Wird vermutlich nicht mehr angeboten<br>Probably not offered anymore | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Endres | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Endres | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Kenntnisse in Relationaler Algebra, SQL, z.B. aus einer vorherigen Datenbankvorlesung<br>Comprehension of the relational data model, relational algebra, and SQL language, obtained, e.g., from a database course | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students understand the design goals, benefits and drawbacks of NoSQL database systems.<br>They are able to decide which database system is appropriate for a given application depending on suitable criteria. They can | |

| | |
|---|---|
| | design database structures for different NoSQL data models. They understand the implementation of internal components and storage structures of selected database systems. |
| Inhalt<br>Course content | This course covers recent trends in data management (e.g., so-called NoSQL databases) that go beyond the traditional relational data model. Such systems are designed to fulfill novel requirements (e.g., the ability to scale out or schema flexibility). They often relax requirements of traditional relational databases (e.g., consistency). In the course, we will discuss different approaches to model, manage, store, and retrieve data. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 15min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90 min examination or 15 minutes oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Projektor<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Advanced Data Management, Lena Wiese<br>MongoDB: The Definitive Guide, Shannon Bradshaw, Kristina Chodorow<br>Cassandra: The Definitive Guide, Jeff Carpenter<br>Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j<br>High Performance Spark: Best practices for scaling optimizing Apache Spark, Holden Karau<br>Learning Spark: Lightning-Fast Data Analysis, Holden Karau<br>Advanced Analytics with Spark: Patterns for Learning from Data at Scal, Josh Wills |

| 5992 Stochastische partielle Differentialgleichungen<br>Stochastic Partial Differentioal Equations | PN 405245 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller-Gronbach |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 150 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 150 hours independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 7 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Einführung in die Stochastik, Stochastische Analysis, Stochastische Differentialgleichungen<br>Linear Algebra I + II, Analysis I + II, Introductory Stochastics, Stochastic Analysis, Stochastic Differential Equations |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Grundlagen der Theorie semi-linearer stochastischer partieller |

| | |
|---|---|
| | Differentialgleichungen und der zugrundeliegenden Konzepte aus der Funktionalanalysis und Wahrscheinlichkeitstheorie<br>—<br>Basic knowledge on semi-linear stochastic partial differential equations and the underlying concepts from functional analysis and probability theory<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Beherrschung und Anwendung der Grundbegriffe aus der Theorie stochastischer partieller Differentialgleichungen und der zugrundeliegenden Konzepte aus der Funktionalanalysis und Wahrscheinlichkeitstheorie<br>—<br>Good command of and ability to apply the basic principles of semi-linear stochastic partial differential equations and the underlying concepts from functional analysis and probability theory |
| Inhalt<br>Course content | Funktionalanalytische Konzepte:<br>Nukleare Operatoren, Hilbert-Schmidt-Operatoren, Diagonaloperatoren auf Hilberträumen, Interpolationsräume für Diagonaloperatoren, Halbgruppen beschränkter linearer Operatoren.<br>Wahrscheintlichkeitstheoretische Konzepte:<br>Banachraumwertige Zufallsvariablen und stochastische Prozesse, unendlich-dimensionale Brownsche Bewegung, stochastische Integration bezüglich unendlich-dimensionaler Brownscher Bewegungen.<br>Stochastische partielle Differentialgleichungen:<br>Lösungskonzepte, Existenz und Eindeutigkeit, Eigenschaften von Lösungen.<br>—<br>Functionalanalytic concepts:<br>Nuclear operators, Hilbert-Schmidt-operators, diagonal operator on Hilbert spaces, interpolation spaces associated with diagonal operators, semi-groups of bounded linear operators.<br>Concepts from probability theory:<br>Banach space valued random variables and stochastic processes, infinite-dimensional Brownian motion, stochastic integration wrt. infinite-dimensional Brownian motion.<br>Stochastic partial differential equations:<br>Types of solutions, existence and uniqueness, properties of solutions. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Written examination (120 minutes) or oral examination (about |

| | |
|---|---|
| | 30 minutes). The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Nach Empfehlung des Dozenten<br>Announced during the lecture |

| 5994 Numerik der Polynom- und rationalen Approximation | PN 485383 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Forster-Heinlein |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+15 Std. Präsenz + 50+55 Std. Eigenarbeitszeit<br>30+15 contact hours + 50+55 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Vorlesung zur Numerik<br>Linear Algebra I + II, Analysis I + II, lecture on numerics |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen nach dieser Vorlesung die Konzepte der Polynomapproximation und der rationalen Approximation. Sie verstehen die Tchebycheff-Approximation und deren numerische Anwendung. Insbesondere kennen und verstehen sie die unterschiedlichen Konvergenzeigenschaften für Funktionsklassen mit unterschiedlicher Regularität. |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Approximationsverfahren implementieren, modifizieren und in gewissem Rahmen auch neu entwickeln. Insbesondere können sie Polynom-Approximation und rationale Approximation mit anderen Verfahren vergleichen und bewerten. Die Studierenden haben die Kompetenz, mit polynomialen und rationalen Approximationsverfahren theoretisch und praktisch umzugehen. |
| Inhalt<br>Course content | Tchebycheff-Polynome zur Interpolation und Approximation, Baryzentrische Interpolation, Gibbs Phänomene, Aliasing, Kriterien zur Konvergenzgeschwindigkeit der Approximation, Runges Phänomen, Polynomiale und Rationale Best- und Near-Best-Approximation, Orthogonalpolynome, Carathéodory-Féjer-Approximation |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 60 min Klausur oder ca. 20 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>60-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation, Beamer, Übungsblätter<br>Presentation, projector, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | Lloyd N. Trefethen: Approximation Theory and Approximation Practice. SIAM, 2013 |

| 5995 | Advanced Imaging | PN 454020 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I/II, Lineare Algebra I/II, Bildverarbeitung<br>Analysis I,II, Linear Algebra I,II, Basics of image and signal processing | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen fortgeschrittene, moderne Methoden der Bildverarbeitung.<br>—<br>Students know advanced modern methods of image proces- | |

| | |
|---|---|
| | sing.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können die Herleitung der Methoden nachvollziehen und darauf basierend neue Methoden entwickeln und adaptieren.<br>—<br>Students are able to understand the derivation of methods and are able to use this ability to develop and adopt new methods.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, fortgeschrittene Konzepte und Methoden der Bildverarbeitung für konkrete Probleme einzusetzen und zu evaluieren.<br>—<br>Students have the competences to use and evaluate advanced concepts and methods of image processing. |
| Inhalt<br>Course content | Diffusionsmethoden für Entrauschen und Komprimierung, maschinelles Lernen, Impainting, Sparsity/Compressive Sensing<br>—<br>Diffusion methods for noise reduction and compression, machine learning, impainting, sparsity/compressive sensing |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Prüfung (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten)<br>Written exam (90 minutes) or oral examination (about 20 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | Stockhausen, Methoden der Digitalen Signalverarbeitung<br>Mallat, A Wavelet Tour to Signal Processing<br>Originalarbeiten |

| 6003 Science and Technology Project in Physical Making, Prototyping and Testing | PN 455342 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kranz |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kranz |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 8P<br>Für ausgewählte Kolloquien, Workshops, sowie für spezifische Laborarbeiten die im Rahmen einer spezifischen Themenstellung notwendig sind, besteht Anwesenheitspflicht.<br>Begründung der Anwesenheitspflicht bei Laborarbeiten: Die Aufgabenstellung kann besondere Ausstattung (Geräte, Arbeitsplätze, etc.) erfordern, die nur in den Laboren und Räumen der Universität in geeigneter Weise zur Verfügung steht. Ferner ist ggf. eine direkte Betreuung und Unterweisung an speziellen Geräten notwendig bzw. eine Aufsicht der Nutzung der Labore. Daher ist in der Regel eine Bearbeitung außerhalb dieses Kontextes nicht möglich und die Anwesenheit Voraussetzung für die erfolgreiche Bearbeitung. |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 40 Std. Einarbeitung in wissenschaftliche Themenstellung + 45 Std. Literaturrecherche + 25 Std. Projektmanagement + 70 Std. Analyse und Spezifikation + 110 Std. Entwurf und Implementierung + 40 Std. Validierung und Evaluation + 10 Std. Berichterstellung + 10 Std. Kolloquien und deren Vorbereitung + 10 Std. Präsentation und deren Vorbereitung<br>Gesamt: 360 Std. |
| ECTS<br>Credits | 8 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per | Keine<br>None |

| | |
|---|---|
| the study and examination regulations | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Writing Technical and Scientific Reports, Mobile Human-Computer Interaction oder Grundlagen der Mensch-Maschine Interaktion<br>Writing Technical and Scientific Reports, Mobile Human-Computer Interaction or Basics of Human-Computer-Interaction |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen die grundlegenden Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge eines Nutzer-zentrierten und Technologie-orientierten Making-Prozesses kennen. Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Ideation und Kreativitätsprozesse und unterstützende Methoden und Werkzeuge. Dazu zählt auch die Gestaltung der Arbeits- und Ideationumgebung. Die Studierenden kennen die notwendigen Basistechnologien und deren Vor- und Nachteile in den verschiedenen Einsatzbereichen, z.B. additive und subtraktive Fertigungsverfahren inklusive den notwendigen Grundlagen der verwendeten Werkstoffe und Materialien. Die Studierenden kennen grundlegende Technologien und Werkzeuge zur Entwicklung digitaler Prototypen und Demonstratoren. Sie wissen sie vorgefertigte, kommerziell verfügbare elektronische Module zur Sensor- und Aktor-Steuerung an Standard-Plattformen (Intel Edison, ARM Cortex) anbinden um interaktive Systeme zu realisieren. Sie kennen einfache Programmierumgebungen und -werkzeuge diese Prototyping-Prozesse bestmöglich unterstützen. Im Bereich der mobilen Technologien kennen die Studierenden die grundlegenden Ansätze zur Programmierung Android-basierter mobiler Endgeräte (Smartphones, Wearables, SmartHome, Digital Health, ...).<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können ausgewählte Kreativitätstechniken anwenden um in interdisziplinären Teams Ideen und Lösungsvorschläge unter Anwendung methodischer Vorgehensweisen zu erarbeiten. Sie kennen Prototyping-Werkzeuge und Maker-Technologien zur Umsetzung von Konzeptstudien und Prototypen. Sie können Software- und Hardware Werkzeuge an Hand der jeweiligen Anforderungen des Prototyps bewerten und auswählen und einfache Prototypen mit Hilfe geeigne- |

| | |
|---|---|
| | ter Maschinen umsetzen. Sie kennen Software-Werkzeuge zur Modellierung und können einfache Werkstücke erstellen bzw. bearbeiten, z.B. 3D Modeller für den 3D Druck oder CNC Fräsen für subtraktive Werkstückbearbeitung. Sie kennen grundlegende Prototyping-Umgebungen und können einfache eingebettete Systeme mit Sensoren, Aktoren und Kommunikationssystemen programmieren und zu einem interaktiven System verknüpfen. Sie können einfache Programme für die Android-Plattform schreiben um interaktive Prototypen für Smartphone, Wearable, SmartHome, Digital Health und andere Android-basierte Systeme umzusetzen.<br>Die Studierenden erwerben erste praktische Erfahrungen in der Anwendung der entsprechenden Technologien und Methoden aus dem Kerngebiet dieser Lehrveranstaltung.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden können die Themenstellung kompetent analysieren, Ideen dazu erstellen und bewerten, geeignete Prototyping-Methoden auswählen, Evaluationsmethoden bewerten und wählen sowie die Datenerfassung und -auswertung planen und durchführen. An Hand der Ergebnisse können die Studierenden eine Bewertung der Ergebnisse vornehmen und diese interpretieren. Die Studierenden können einfache Fallstellungen selbst umsetzen und bewerten. |
| Inhalt<br>Course content | Im Rahmen des Praktikums wird eine realitäts- bzw. forschungsnahe Problemstellung aus dem Kontext des Studienganges mittels der Problemstellung angemessener Methoden und Werkzeuge weitestgehend eigenständig bearbeitet. Dabei werden geeignete Vorgehensweisen zur Projekt- und Arbeitsorganisation angewendet. Das jeweils entsprechend der Aufgaben- und Problemstellung angemessene Vorgehen entspricht dabei so weit wie möglich der bestehenden Praxis in der wissenschaftlichen Arbeit, Praxis und Forschung.<br>Es wird ein komplexes Projekt systematisch bearbeitet. Die Bearbeitung des Projektes erfolgt dabei allein durch den Studierenden. Die durchzuführende Projektarbeit wird geeignet in bearbeitbare Arbeitspakete unterteilt. Die Umfänge und Gewichtungen der einzelnen Aktivitäten eines jeden Arbeitspakets sind dabei von der konkreten Problemstellung abhängig. Dies gilt ebenfalls für die konkret anzuwendenden Methoden bzw. einzusetzenden Werkzeuge. Diese können auf Grund der Vielfältigkeit des Studiengangs nur im Kontext der konkreten Problemstellung ausgewählt werden.<br>Die Studierenden erhalten in Workshops und durch Coachings und Hands-on Einführungen didaktisch aufbereitete Einführungen in die verschiedenen Technologien, Werkzeuge und |

Methoden. In gemeinsamen Sitzungen werden repräsentative Beispiele gemeinsam umgesetzt um die Studierenden danach zu eigener Anwendung, ggf. nach zusätzlichem Selbststudium, zu befähigen. Bei der Bearbeitung des vorlesungsbegleitenden Projekts werden folgende Aktivitäten für die 1.) Implementierung bzw. für die 2.) Mensch-Maschine-Interaktion bzw. für die 3.) wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte abgedeckt:

**1. Analyse**

1.) Detaillierte Festlegung der Anforderungen an das System. Beachtung der Grundprinzipien Präzision, Vollständigkeit und Konsistenz. Der Inhalt umfasst das Systemmodell als Übersicht, die geeignete Beschreibung der Systemumgebung mittels geeigneter Werkzeuge, sowie die Erfassung und Dokumentation funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen.

2.) Für die Mensch-Maschine Interaktion sind, zusätzlich zu den genannten Aufgaben, Prototyping-Methoden einzusetzen (z.B. Wizard-of-Oz) bzw. Studien zur Identifikation der Nutzergruppen (z.B. Interviews) durchzuführen.

3.) Hierbei sollen insbesondere auch rechtliche und wirtschaftliche Aspekte behandelt werden.

**2. Entwurf**

1.) Hauptbestandteil ist ein systematischer Grobentwurf eines Systems, das die in der Analyse ermittelten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Auf dieser Basis wird ein detaillierter Entwurf ausgearbeitet, der mit der Problemstellung angemessenen, domänenspezifischen Werkzeugen und Vorgehensweisen das umzusetzende System spezifiziert und dokumentiert.

2.) Die Mensch-Maschine Interaktion ist, im Gegensatz zum Hauptsystem, mittels Prototyping-Methoden agil und iterativ zu entwerfen und zu validieren. Dazu sind z.B. Methoden zur Erstellung horizontaler bzw. vertikaler High-Level/Low-Level Prototypen aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen.

3.) Wirtschaftliche und rechtliche Aspekte sollten bei der Machbarkeitsuntersuchung dediziert erfasst, bewertet und einbezogen werden.

**3. Umsetzung**

1.) Im Rahmen der Umsetzung erfolgt die tatsächliche Realisierung des entworfenen Systems. Das System besteht in der Regel aus Software- und Hardware-Komponenten. Zur Realisierung sind bestehende, konfigurierbare Softwarebausteine mit eigener Software zu ergänzen und zu einem lauffähigen Gesamtsystem zu integrieren. Hierzu werden Methoden aus dem Bereich der verteilten Systeme, z.B. Architekturentwurf, oder der vernetzten Systeme, z.B. Socket-Programmierung,

verwendet.
2.) Die Umsetzung der Mensch-Maschine Interaktion wird durch spezielle Frameworks und Entwicklungssysteme unterstützt, z.B. aus dem Bereich mobiler Anwendungen.
3.) Geeignete Kalkulationen und rechtliche Bewertungen sollten die Realisierbarkeit an Hand quantitativer Daten belegen.
**4. Validierung und Verifikation**
1.) Validierung und Verifikation der Ergebnisse von Entwurf und Umsetzung auf Grundlage der durch Analyse bestimmten Anforderungen.
2.) Die Anwendung ist durch geeignete Methoden aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion zu evaluieren und die Ergebnisse sind kritisch zu diskutieren. Dazu können z.B. Beobachtung, Fragebögen, Effizienz- und Fehlermessungen bei der Interaktion eingesetzt werden. Zur Auswertung kommen geeignete Methoden aus der Mathematik und Statistik zum Einsatz, sowie entsprechende Spezialsoftware (z.B. SPSS, Matlab).
3.) Entsprechende Belege sind auch für wirtschaftliche Tragfähigkeit des Konzepts zu erbringen.
Allgemein gilt dabei:
Jedes Arbeitspaket kann eine oder mehrere dieser Aktivitäten umfassen und jede Aktivität kann Gegenstand von einem oder mehreren Arbeitspaketen sein. Dabei müssen alle Inhalte der Aufgabenstellung durch Arbeitspakete adäquat abgedeckt sein. In den einzelnen Arbeitspaketen kommen projekt- und domänenspezifische Werkzeuge, Methoden und Beschreibungs-sprachen zum Einsatz. Das Ergebnis eines jeden Arbeitspaket ist ein eigenes Dokument, ggf. begleitet von Software, ggf. begleitet von Anhängen mit z.B. Software oder Beschreibungen von Hardwareblöcken in geeigneten Spezifikationssprachen.
Jedes Arbeitspaket schließt mit einem kurzen Kolloquium ab, in dem die Ergebnisse den Betreuern präsentiert und verteidigt werden. Das Kolloquium kann auch die Präsentation zusammen mit anderen Teams umfassen um eine reflektive Diskussion über die Ergebnisse und Vorgehensweisen zu ermöglichen. Zu jedem Kolloquium ist darüber hinaus ein Bericht abzugeben. Der Studierende wird durch regelmäßige Treffen mit dem Betreuer unterstützt, deren Häufigkeit der aktuellen Phase bzw. dem Bearbeitungsfortschritt angemessen ist.
Das Praktikum schließt mit einem Abschlusskolloquium ab, in dem das fertig entwickelte System präsentiert und abgenommen wird.
Programmiersprachen sind hauptsächlich: C/C++ / Java /

| | |
|---|---|
| | JavaScript / Phyton<br>Darüber hinaus werden der Problemstellung angemessene spezifische Werkzeuge und Methoden eingesetzt. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Dokumentation in Form eines technischen Berichts, mündliche Kolloquien zu den Arbeitspaketen die durch geeignete Medien (z.B. Folien) unterstützt werden, dokumentierter und funktionsfähiger Prototyp inklusive Quelltext inkl. aller zur<br>Demonstration notwendigen Informationen, sowie einer Systemdemonstration und Präsentation im Rahmen einer Abschlussveranstaltung. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Projektor, Gruppenarbeit, Wiki<br>Presentation with projector, group work, wiki |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozent / von der Dozentin bekannt gegeben und richtet sich nach dem Leitthema des Jahrgangs.<br>Die Literatur wird in Abhängigkeit der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. |

| 6020 | Mathematische Logik<br>Mathematical Logic | PN 455362 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes zweite oder dritte Semester<br>Every second or third semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser, Müller | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser, Müller | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 120 + 60 Std. Eigenarbeitszeit und Prüfungsvorbereitung<br>60 + 30 contact hours, 120 + 60 hours independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine Vorkenntnisse notwendig. Nützlich: Theoretische Informatik, Algebra<br>Nothing necessary. Useful: Theoretical Computer Science, Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Working knowledge of<br>• syntax and semantics of first-order logic<br>• formal notions proof and their equivalence | |

| | |
|---|---|
| | • Gödel's completeness theorem and the compactness theorem<br>• formal notions of computation and their equivalence<br>• basics of (un)computability theory<br>• representations of computations in formal theories<br>• Gödel's Incompleteness theorems |
| Inhalt<br>Course content | Two of the most important achievements of mathematics in the last century are the formalization of the notion of computation by Church and Turing, and Gödel's Incompleteness theorems. Both root in the so-called foundational crisis of mathematics around 1900 and the birth of modern mathematical logic. The course starts with an introduction to the syntax and semantics of first-order logic and formal notions of proof; it proves Gödel's completeness theorem and the compactness theorem. Its second part introduces formal notions of computation and gives an introduction to the theory of (un)computability. The third part connects the first two showing how to represent computations in formal theories of arithmetic, and proves Gödel's Incompleteness theorems. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (2/3):<br>120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (1/3):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema der mathematischen Logik.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (2/3):<br>120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (1/3):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject from Mathematical Logic.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Ziegler, Mathematische Logik, Birkhäuser, 2010.<br>Hils, Loeser, A first journey through logic, Student Mathematical Library 89, AMS, 2019. |

| | |
|---|---|
| | Ebbinghaus, Flum, Thomas, Mathematical Logic, Springer 1994<br>Ebbinghaus, Flum, Thomas, Einführung in die mathematische Logik, 2018<br>Shoenfield, Mathematical Logic, Addison-Wesley, 1967 |

| 6021 | Mathematische Statistik | PN 451013 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Gilch | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 + 15 Std. Präsenz, 90 + 30 Std. Eigenarbeitszeit<br>45 + 15 hrs presence, 90 + 30 hrs self study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I, Einführung in die Stochastik<br>Analysis I, Introduction to Stochastic | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden erhalten eine Einführung in die Mathematische Statistik. Dies beinhaltet die Vermittlung der grundlegenden Konzepte der Statistik. Die besprochenen Hauptschwerpunkte liegen hierbei in der Parameterschätzung sowie bei Hypothesentests.<br>—<br>The students shall get an introduction on the theory of mathematical statistics. They shall acquire the basic concepts of | |

| | |
|---|---|
| | statistics. The main topics include the estimation of parameters and testing of hypotheses. |
| Inhalt<br>Course content | Parameterschätzung<br>(Momenten-, ML-Schätzer), beste Schätzer, UMVU-Schätzer, Suffizienz, wichtige Statistik-Sätze (Rao-Blackwell, Lehmann-Scheffé, Cramér-Rao), exponentielle Familien, asymptotische Eigenschaften von Schätzern, Konsistenz, Konfidenzbereiche, ein-/ zweiseitige Hypothesentests, Unabhängigkeitstests, Lineare Modelle<br>—<br>Estimation of Parameters (moment and ML estimators), best estimators, UMVU estimators, sufficiency, important statistical theorems (Rao Blackwell, Lehmann-Scheffé, Cramér-Rao), exponential families, asymptotic properties of estimators, consistency, confidence intervals, one-/two-sided hypothesis tests, tests on independence, linear models |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema der Mathematischen Statistik.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>120 minutes written or 30 minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject from Mathematical Statistics.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer<br>Projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Shao: „Mathematical Statistics“, 2nd edition. Springer, New York, 2007.<br>Witting: „Mathematische Statistik I“. Teubner, Stuttgart, 1985. |

| 6023 | Model Theory | PN 482201 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes zweite oder dritte Semester<br>Every second or every third semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser, Müller | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser, Müller | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 120 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 hrs presence, 120 + 60 hrs self study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Mathematischen Logik, Algebra. Es wird nur eine elementare Vertrautheit mit der Logik der ersten Stufe und algebraischen Grundbegriffen vorausgesetzt.<br>Mathematical Logic, Algebra.Only some basic familiarity with first-order logic and elementary algebraic concepts is required. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | • basic set theory and the arithmetic of infinite cardinals<br>• classical techniques of model constructions and their analysis: ultraproducts, back and forth, diagrams, omitting and realizing types, quantifier elimination, homo- | |

| | |
|---|---|
| | geneity<br>• semantic characterizations of syntactic formula classes<br>• applications to algebraic theories |
| Inhalt<br>Course content | The course offers an introduction to classical model theory. It develops a broad general toolkit to construct and analyze theories and their models. It gives special emphasis to applications and examples, especially from algebra. It starts with a crash course in set theory and infinite cardinal numbers, and continues with the theory of Boolean algebras, ultraproducts, the back and forth method, algebraic and elementary diagrams, realizing and omitting types, quantifier elimination, applications thereof to algebraically closed and real closed fields, and finally describes theories with exactly one countable model (up to isomorphism). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.<br>120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | W. Hodges: A shorter model theory. Cambridge University Press, 1997.<br>D. Marker: Model Theory: An introduction. Springer, 2002.<br>K.<br>Tent, M. Ziegler: A course in Model Theory. Cambridge University Press, 2002. |

| 6026 | Real Algebra | PN 482103 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 120 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 hrs presence, 120 + 60 hrs self study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlegende Kenntnisse aus der Algebra<br>Basic knowledge of Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | After the course the students are able to<br>• understand the concept of ordering<br>• comprehend its algebraic formulation<br>• relate the concept of positivity with sums of squares | |
| Inhalt<br>Course content | The following topics will be covered:<br>• Orderings<br>• Real fields and real closed fields | |

| | |
|---|---|
| | • Quadratic forms over real fields<br>• Real rings<br>• Real spectrum<br>• Positivity and sums of squares |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.<br>120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Overhead, Beamer<br>Projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | M. Knebusch, C. Scheiderer: Einführung in die reelle Algebra. Vieweg, 1989.<br>J. Bochnak, M. Coste, M.-F. Roy: Real Algebraic Geometry. Springer, 1991.<br>A. Prestel, C. Delzell: Positive Polynomials. Springer, 2001.<br>M. Marshall: Positive Polynomials and Sum of Squares. American Mathematical Society, 2008. |

| 6029 Numerik stochastischer Differentialgleichungen PN 451004<br>Numerical Methods for Stochastic Differential Equations | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every fourth semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller-Gronbach |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 1Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz, 60 Std. Übungsaufgaben, 60 Std. Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours, 60 hours excercises, 60 hours independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 6 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I+II, Analysis I+II, Einführung in die Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie, Stochastische Analysis<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Introduction to Stochastics, Probability Theory, Stochastic Analysis |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Grundlegender Algorithmen zur Approximation von (Erwartungswerten von Funktionalen von) Lösungen stochastischer |

| | |
|---|---|
| | Differentialgleichungen, ihre theoretischen Eigenschaften und typische Anwendungen.<br>—<br>Knowledge of basic algorithms for approximation of (expectations of functionals of) solutions of stochastic differential equations, their theoretical properties and typical applications.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Auswahl geeigneter Approximationsalgorithmen für konkrete Fragestellungen, ihre effiziente Implementierung, die praktische Durchführung von entsprechenden Simulationsexperimenten und die Darstellung und Bewertung der Ergebnisse.<br>—<br>Ability to select appropriate approximation algorithms for specific questions, their efficient implementation, the practical implementation of relevant simulation experiments, and the presentation and evaluation of results. |
| Inhalt<br>Course content | • Grundbegriffe der Approximation stochastischer Prozesse: Fehlerkriterien, Kostenmaße, minimale Fehler und Komplexität, Optimalität und asymptotische Optimalität.<br>• Pfadweise Approximation der Lösung stochastischer Differentialgleichungen: zeitdiskrete Ito-Taylor Schemata, zeitkontinuierliche Verfahren, adaptive Schrittweitensteuerung.<br>• Quadraturverfahren für stochastische Differentialgleichungen: Standard Monte-Carlo Verfahren, Multilevel-Verfahren, Anwendungen in der Finanzmathematik.<br>—<br>• Basic concepts of approximation of stochastic processes: error criteria, cost measures, minimal error, complexity, optimality and asymptotic optimality.<br>• Pathwise approximation of solutions of stochastic differential equations: discrete-time Ito-Taylor schemes, continuous-time methods, adaptive time step control.<br>• Quadrature of stochastic differential equations: Standard Monte Carlo methods, multilevel methods, applications in mathematical finance. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Abschlussklausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90 minute written or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Overhead, Beamer<br>slides, projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Bekanntgabe durch Dozenten / Anouncement by lecturer |

| 6033 | Real Algebraic Geometry | PN 482104 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Alle vier Semester<br>Every four semesters | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“<br>Focus „AGC“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 + 30 Std. Präsenz, 120 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 + 30 hrs presence, 120 + 60 hrs self study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Kenntnisse aus der Algebra und der Reellen Algebra<br>Knowledge of Algebra and Real Algebra | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | After the course the students are able to<br>• understand the concept of semialgebraic sets<br>• comprehend how to analyze these with algebraic methods<br>• relate the concept of positivity with sums of squares | |
| Inhalt<br>Course content | The following topics will be covered:<br>• Semialgebraic sets | |

| | |
|---|---|
| | • Real algebraic varieties<br>• Tarski-Seidenberg principle<br>• Nash functions<br>• Stratifications<br>• Positivity on semialgebraic sets and sums of squares |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.<br>120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Overhead, Beamer<br>Projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | J. Bochnak, M. Coste, M.-F. Roy: Real Algebraic Geometry. Springer, 1991.<br>C. Andradas, L. Bröcker, J. Ruiz: Constructible Sets in Real Geometry. Springer, 1996.<br>A. Prestel, C. Delzell: Positive Polynomials. Springer, 2001.<br>M. Marshall: Positive Polynomials and Sum of Squares. American Mathematical Society, 2008. |

| 6034 Graphen- und Netzwerkalgorithmen Praktikum<br>Graph and Network Algorithms Lab | PN 451005 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rutter |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rutter |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 135 Std.Vor- und Nachbereitung des Praktikums<br>45 contact hours + 135 hrs independent study, implementation and discussions with the teams |
| ECTS<br>Credits | 6 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Programmierkenntnisse in C oder Java<br>Programming skills in C or Java |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Algorithmen und Datenstrukturen, Effiziente Algorithmen, Algorithmen zur Visualisierung von Graphen<br>Algorithms and Data Structures, Efficient Algorithms, Algorithms for Visualizing Graphs |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden besitzen ein systematisches Verständnis der Entwurfs- und Analyseprinzipien eines komplexen Projekts im Bereich der Graph- und Netzwerkalgorithmen. Sie kennen ver- |

| | |
|---|---|
| | schiedene Ansätze zur Lösung von schweren Problemen (z.B. Approximationen, Heuristiken) und sind in der Lage zu einer Problemstellung geeignete Entwurf- und Analysetechniken auszuwählen. Sie können algorithmische Lösungen für unterschiedliche Teilaspekte von Problemstellungen miteinander kombinieren, sind in der Lage die Effizienz der resultierenden Lösungen zu analysieren, deren Leistungsfähigkeit zu evaluieren, und diese auf eine konkrete Anwendung anzupassen.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of the design and analysis principles for a complex project in the area of graph and network algorithms. They know different approaches for solving hard problems (e.g., approximations, heuristics) and they are able to choose suitable design and analysis techniques for a given problem. They are able to combine algorithmic solutions for different aspects of a problem and can analyze the efficiency of the resulting solutions. They further have the competence to evaluate the performance of their solutions and to further adapt their methods to concrete problems. |
| Inhalt<br>Course content | Um schwierige Probleme in der Praxis zu lösen, ist es häufig nötig eine Vielzahl von unterschiedlichen Ansätzen miteinander zu kombinieren (z.B. Approximationen, parametrisierte Algorithmen, heuristische Verfahren) und zudem generische Verfahren möglichst gut auf die in der Praxis auftretenden Instanzen anzupassen um dort vorhandenen Strukturen auszunutzen. In dieser Veranstaltung wird dieses Vorgehen anhand von ausgewählten Problemstellungen aus dem Bereich der Graph- und Netzwerk-Algorithmen vermittelt und erprobt. Die konkreten Problemstellungen speisen sich aus Wettbewerben, die von führenden Algorithmen-Konferenzen järhlich veranstaltet werden, insbesondere der Graph Drawing contest (1), mit einem Hauptaugenmerk auf Fragestellungen in der Graphenvisualisierung, der Wettbewerb des Symposium on Computational Geometry (2), mit einem Schwerpunkt auf geometrischen Problemen und der Parameterized Algorithms and Computational Experiments Challenge (3), die einen Schwerpunkt auf parametrisierte Probleme legt. Ziel der Veranstaltung ist, dass die Studierenden in kleinen Teams Lösungen für Aufgaben aus diesen Wettbewerben entwickeln, und an mindestens einem der Wettbewerbe teilnehmen.<br>—<br>Solving hard problems in practice, often requires the combination of ideas from multiple approaches (e.g., approximations, parameterized algorithms, heuristic procedures). Moreo- |

| | |
|---|---|
| | ver, generic algorithms and approaches must often be adapted to practical instance to exploit structural patterns that are present in real-word inputs. In this course, students learn to follow this approach to solving problems in practice and apply it to problems in the area of graph and network algorithms.<br>The specific problems stem from contests that are held annually by leading algorithms conferences. In particular from the Graph Drawing Contest [1], which has a focus on problems in graph visualization, the contest of the Symposium on Computational Geometry [2], which focuses on geometric problems, and the Parameterized Algorithms and Computational Experiments Challenge [3], which mostly deals with parameterized problems and algorithms. The goal of this course is that students develop solutions for problems from these contests and participate in at least one them.<br>(1) `https://mozart.diei.unipg.it/gdcontest/`<br>(2) `https://cgshop.ibr.cs.tu-bs.de/`<br>(3) `https://pacechallenge.org/` |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio-Prüfung. Möglich sind folgende Bestandteile:<br>• Projektbericht<br>• Abschlussvortrag<br>• Quellcode des umgesetzten Projekts<br>• Ggf. Zwischenvorträge, Zwischenberichte<br>Die genauen Bestandteile werden vom Dozenten zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Portfolio exam consisting of the following parts:<br>• Project report<br>• Final presentation<br>• Source code of the project<br>• Possibly intermediate presentations and reports<br>The exact parts will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Giuseppe Di Battista, Peter Eades, Roberto Tamassia, Ioannis G. Tollis: Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs. Prentice-Hall 1999.<br>Michael Kaufmann, Dorothea Wagner: Drawing Graphs, Methods and Models. Lecture Notes in Computer Science, Springer 2001.<br>Roberto Tamassia: Handbook of Graph Drawing and Visualization, Chapman and Hall/CRC, 2013. |

| 6040 | Integraltransformationen<br>Integral Transforms | PN 451007 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Forster-Heinlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Fink | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II oder äquivalent<br>Linear Algebra I + II, Analysis I + II or equivalent | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungsrelevanten Konzepte und Techniken verschiedener Integraltransformationen in der Signalanalyse und wissen, welche Eigenschaften für die Anwendung wichtig sind und wie diese | |

| | |
|---|---|
| | hergeleitet werden.<br>—<br>The students know the basic and application.relevant concepts and techniques of various integral transforms in signal analysis and know which properties are important for the applications and how they are derived.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können Beweistechniken der Integraltransformationen nachvollziehen, sie auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und zugehörige Algorithmen bewerten.<br>—<br>The students can comprehend proof techniques of integral transforms, apply them to related problems in applications and evaluate associated algorithms.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, die Konzepte und Methoden hinter verschiedenen Integraltransformationen zu verstehen und geeignete Verfahren für Anwendungsprobleme auszuwählen und anzuwenden.<br>—<br>Students are able to comprehend the concepts behind various integral transforms and are capable of selecting and applying appropriate methods for application problems. |
| Inhalt<br>Course content | Inhalt:<br>• Fourier-Reihen<br>• Fourier-Integrale<br>• Diskrete und schnelle Fourier-Transformation<br>• Kontinuierliche und diskrete Wavelet-Transformation<br>• Kontinuierliche und diskrete Shearlet-Transformation<br>—<br>Content:<br>• Fourier series<br>• Fourier integrals<br>• Discrete und fast Fourier transform<br>• Continuous and discrete wavelet transform<br>• Continuous and discrete shearlet transform |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten)<br>Oral exam (about 25 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Mark Cartwright. Fourier Methods for mathematicians, scientist and engineers, 1990. |

| | |
|---|---|
| | Dieter Müller-Wichards. Transformationen und Signale, 1999. Gitta Kutyniok, Demetrio Labate. Shearlets: Multiscale Analysis for Multivariate Data, 2012. |

| 6044 | Multimedia Retrieval | PN 455383 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Scherzinger | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Skopal | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Programmierkenntnisse, Grundlagen von Datenbanken- und Informationssystemen (DBIS I + II), Grundlagen der Programmierung<br>Programming skills fundamentals of databases and information systems (DBIS I + II) | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Objectives<br>The module introduces to models and techniques of multimedia retrieval. | |

| | |
|---|---|
| | Course Outcomes<br>By the end of the course, students will be able to recognize many facets of content-based multimedia retrieval techniques. They also get a practical experience in a selected subdomain by means of student project.<br>Knowledge & Understanding<br>General knowledge of content-based multimedia retrieval. Detailed pipeline – use case, domain knowledge, feature extraction, retrieval model, indexing, visualization, user feedback, evaluation.<br>Skills & Abilities<br>a) Navigate in different platforms, interfaces, HCI means and use cases for multimedia retrieval.<br>b) Choose a suitable model for the media type and domain;<br>c) Formulate search intent (query, browsing, filtering); d) Use suitable indexing structures for efficient retrieval. |
| Inhalt<br>Course content | 1) Web platforms for retrieval and sharing of multimedia content.<br>2) Web interfaces, modalities, and the quality of retrieval.<br>3) Text-based and bag-of-words models.<br>4) Similarity search model - models and queries.<br>5) Similarity search model - popular similarity functions.<br>6) Global image features - analytic models.<br>7) Global image features - deep learning.<br>8) Local image features.<br>9) Multi-modal retrieval.<br>10) Video retrieval techniques.<br>11) Feature extraction from audio, music and melody.<br>12) Principles of metric indexing.<br>13) Metric access methods.<br>14) Approximate search methods. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Report and presentation at defence of an individual software project. Grade will be based on this individual project. |
| Medienformen<br>Media used | The course consists of a series of lectures, interleaved with consultations to student projects. The lectures span a variety of multimedia retrieval topics, while the projects aim to focus students more deeply to a particular topic by means of a hands-on experience (project implementation).<br>Slides (PDF), videos recorded for offline use. |
| Literatur<br>Reading list | Ricardo Baeza-Yates, Berthier Ribeiro-Neto, Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search, Addison-Wesley Professional, 2011.<br>Nicolas Hervé, Nozha Boujemaa: "Image annotation: which |

| | |
|---|---|
| | approach for realistic databases?", ACM International Conference on Image and Video Retrieval, 2007.<br>B. S. Manjunath, Philippe Salembier, Thomas Sikora, Introduction to MPEG-7: Multimedia Content Description Interface, Wiley, 2002.<br>Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li, James Z. Wang, Ïmage Retrieval: Ideas, Influences, and Trends of the New Age!, ACM Computing Surveys 40: 1, 2008.<br>K. Selçuk Candan, Maria Luisa Sapino, Data Management for Multimedia Retrieval, Cambridge University Press, 2010.<br>Zezula, P, Amato, G., Dohnal, V., Batko, M. "Similarity Search: The Metric Space Approach". Springer, 2005. ISBN 0387291466. |

| 6046 | Discrete Mathematics | PN 482212 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Glock | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Glock | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Std. Präsenz, 90+90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours, 90+90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Analysis I<br>Linear Algebra I, Analysis I | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students get an overview over Discrete Mathematics, with its many facets. They will be able to prove major results and apply them to specific problems. In addition, they will be able to illustrate one topic of Discrete Mathematics in a short essay. | |
| Inhalt<br>Course content | Basic combinatorial counting arguments; Generating functions; Partially ordered sets; Combinatorial designs; Discrete | |

| | |
|---|---|
| | Probability; Ramsey theory |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject from Discrete Mathematics.<br>To pass the examination both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | M. Aigner: Discrete Mathematics, AMS, 2007<br>J. Matousek, J. Nesetril: Invitation to Discrete Mathematics, Oxford University Press, 2009 |

| 6049 Asymptotische Geometrische Analysis und Anwendungen | PN 485368 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Prochno |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Prochno |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Funktionalanalysis, Einführung in die Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie<br>Functional Analysis, Introduction to Stochastics, Probability Theory |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen die grundlegenden Konzepte sowie Techniken der Asymptotischen Geometrischen Analysis kennen. |

| | |
|---|---|
| | —<br>Students learn the fundamental concepts and methods of asymptotic geometric analysis. Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden üben den Umgang sowie die Kombination der Methoden der Asymptotischen Geometrischen Analysis an ausgewählten Problemen, die sich auf verschiedene Bereiche der Mathematik, wie etwa Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie sowie (konvexe und diskrete) Geometrie, stützen.<br>—<br>Students practice handling the methods developed and used in asymptotic geometric analysis, which are intimately related to functional analysis, probability theory, and (discrete and convex) geometry.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Asymptotischen Geometrischen Analysis bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen im Rahmen hochdimensionaler Probleme der Mathematik und angrenzender Gebiete (e.g. Compressed Sensing oder Information-based Complexity) anzuwenden.<br>—<br>The students are able to approach high-dimensional problems in mathematics and related fields (e.g., compressed sensing, information-based complexity) by means of methods and ideas from asymptotic geometric analysis. |
| Inhalt<br>Course content | In der Funktionalanalysis beschäftigt man sich mit der Struktur von unendlichdimensionalen normierten Räumen (oder spezieller Banachräumen). Ein zentraler Aspekt dieser Untersuchungen liegt dabei auf verschiedenen Typen linearer Operatoren (beschränkt, unbeschränkt, kompakt, selbsadjungiert) zwischen solchen Räumen. Die Asymptotische Geometrische Analysis ist Teil der (geometrischen) Funktionalanalysis und beschäftigt sich mit der Struktur hochdimensionaler normierter Räume oder, äquivalent, mit der Geometrie hochdimensionaler konvexer Körper. Das Studium solcher Räume, wenn die Dimension gegen unendlich geht, ist sehr eng verknüpft mit Wahrscheinlichkeitstheorie sowie konvexer und diskreter Geometrie. Es zeigen sich in diesem Rahmen verschiedene Phänomene, die sich unserer Intuition, welche auf niederen Dimensionen basiert, entziehen. Wir werden in dieser Veranstaltung verschiedene, ausgewählte Aspekte der Asymptotischen Geometrischen Analysis und ihrer Anwendungen beleuchten.<br>—<br>In functional analysis one studies the structure of infinite-dimensional normed spaces (or more specifically Banach |

| | |
|---|---|
| | spaces). A key focus of this research is based on the investigation of different types of operators (bounded, unbounded, compact, self-adjoint) between such spaces. Asymptotic geometric analysis is the part of (geometric) functional analysis that studies the structure of high-dimensional normed spaces or, equivalently, the geometry of high-dimensional convex bodies. The investigation of such spaces, as the dimension tends to infinity, is intimately related to probability theory as well as discrete and convex geometry. In this high-dimensional set-up several unexpected and counterintuitive phenomena occur. In this module, we shall discuss selected topics from asymptotic geometric analysis and its applications.<br>The module covers selected topics from<br>• Concentration of measure phenomenon<br>• John ellipsoids and John's theorem<br>• The modern large deviations approach to convex bodies<br>• Dvoretzky's theorem on almost Euclidean subspaces of high-dimensional normed spaces<br>• Kashin's Euclidean decomposition theorem for l 12n<br>• s-Numbers of linear operators and their relation to approximation and recovery problems in, e.g., compressed sensing or information-based complexity |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten)<br>Oral exam (about 30 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet<br>Presentation and projector, blackboard/tablet |
| Literatur<br>Reading list | S. Brazitikos, A. Giannopoulos, P. Valettas, B.-H. Vritsiou: Geometry of Isotropic Convex Bodies, Mathematical Surveys and Monographs, Volume 196, 2014<br>O. Guédon, P. Nayar, T. Tkocz, D. Ryabogin, A. Zvavitch: Analytical and Probabilistic Methods in the Geometry of Convex Bodies, IMPAN Lecture Notes, Volume 2, 2014<br>F. Den Hollander: Large Deviations, Fields Institute Monographs, Volume 14, 2000<br>S. Arstein-Avidan, A. Giannopoulos, V.D. Milman: Asymptotic Geometric Analysis (Part 1), Mathematical Surveys and Monographs, Volume 202, 2015<br>K. Ball: An elementary introduction to modern convex geometry, Flavors of Geometry, Volume 3i, 1997 |

| 6060 | Computational Social Science Lab | PN 455391 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Lemmerich | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Lemmerich | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung<br>60 contact hours + 120 hrs independent study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Python Programming Language, knowledge of basic data analysis as taught in Web Science, Visual Analytics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students will learn about state-of-the-art problems, methods and tools to study digital trace data on individuals and the society.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Students acquire the ability to develop and formulate research questions in Computational Social Science, explore respective | |

| | |
|---|---|
| | datasets, apply data science and machine learning methods and communicate results. Students will be able to select and apply suitable software libraries for these steps.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students will learn to perform independent case studies on societal and behavioral data. |
| Inhalt<br>Course content | Computational Social Science refers to a relatively new research area that aims to study social phenonema with computational means, primarily with methods from Data Science and Machine Learning. In this practical course, students will work in small teams on "social" datasets on individuals and the society such as review data, forums, social media posts, social network data or collections of new articles.<br>On these datasets, student groups will perform in teams and under guidance all necessary steps for a case study in computational social sciences:<br>1. Data collection, exploration and quality assessment of the dataset to be analyzed<br>2. Formation of an appropriate research question<br>3. Selection of appropriate analysis methods<br>4. Data (pre-)processing and modelling<br>5. Critical assessment of the obtained insights<br>6. Communication of the results with a blog post and/or a scientific report<br>Results of the individual steps will be presented to the other course participants in small presentations throughout the semester. At the end of the semester, project results will be summarized in final presentations and a written report. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio exam consisting of code with documentation, a written report on the outcome of the project (max. 10 pages) and presentations given over the course of the semester.<br>Within the team presentations, each participant showcases her/his own personal contribution to the project. Additionally, participants declare in written form their individual contributions to the project design, code and report.<br>Details on the assessment including count and length of the presentations will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Beamer, Whiteboard<br>Presentation with beamer, whiteboard |
| Literatur<br>Reading list | Lazer, David, et al. Life in the network: the coming age of computational social science. Science (New York, NY) 323.5915 (2009): 721.<br>Additional project specific literature will be announced at the |

| | |
|---|---|
| | beginning of the semester. |

| 6061 | Introduction to Deep Learning | PN 471616 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Hinweis: Das Modul ersetzt das alte Modul Deep Learning - keine Doppelanrechung möglich!<br>Irregular<br>Notice: Replacing Deep Learning, cannot be credited twice. | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Lemmerich | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Lemmerich | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums<br>60 contact hours + 120 hrs independent study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Advanced Topics in Data Science oder Introduction to AI Engineering, Grundkenntnisse in Python<br>Advanced Topics in Data Science or Introduction to AI Engineering, Python Programming Language | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse | Kenntnisse / Skills/Knowledge | |

| | |
|---|---|
| Learning outcomes | Students will get to know about fundamentals of artificial neural networks, gain an overview on standard algorithms in the field as well as examples of recently proposed state-of-the-art techniques. Furthermore, students will get to know some standard tools to develop and apply deep learning techniques to machine learning problems.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students will be able to implement deep learning approaches to practical machine learning problems. They obtain the ability to choose and improve neural network architectures suitable for specific machine learning tasks.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students will strengthen their competence to analyze and assess algorithms for machine learning. Participants will learn to develop problem-oriented solutions with deep learning approaches independently. |
| Inhalt<br>Course content | The course will give an overview on the fundamentals and current approaches for deep learning and its main applications fields. In particular, it will cover:<br>• Basics of Representation Learning<br>• Perceptron Learning<br>• Feedforward Neural Networks<br>• Gradient Descent and Backpropagation<br>• Regularization in Deep Learning<br>• Convolutional Neural Networks<br>• Recurrent Neural Networks<br>• Autoencoders<br>• Adversarial Training<br>• Graph Neural Networks<br>• Applications of Deep Learning for Text, Sequences, and Images<br>• Explainability and Deep Learning |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 minutes written or 20 minutes oral exam depending on the number of participants.<br>The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Beamer, Whiteboard<br>Presentation with beamer, whiteboard |
| Literatur<br>Reading list | Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning. MIT press, 2016<br>Aggarwal, Charu C.: Neural networks and deep learning. Springer 10 (2018): 978-3<br>Additional literature will be announced at the beginning of the |

| | |
|---|---|
| | semester. |

| 6064 | Responsible Machine Learning | PN 471617 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Lemmerich | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Lemmerich | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung<br>60 contact hours + 120 h independent study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Advanced Topics in Data Science und/oder Introduction to AI Engineering, Programmierkenntnisse in Python<br>Advanced Topics in Data Science and/or Introduction to AI Engineering, Python Programming Language | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students will get to know about the main aspects of applying machine learning responsibly in sensitive settings, e.g., when working with behavioral data. This covers the problem settings, challenges, and main algorithmic approaches for ex- | |

| | |
|---|---|
| | plainable, fair, privacy-aware, and reliable machine learning.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students will be able to identify potential issues of machine learning and artificial intelligence applications and apply appropriate measures to address them. Students will improve their ability to assess, select and implement solutions for machine learning tasks, specifically when working with data from or about human behavior.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students will strengthen their awareness with respect to algorithmic transparency, fairness, privacy, and reliability. They will improve their competence to critically assess artificial intelligence approaches with sensitive data. Participants will learn to develop problem-oriented machine learning solutions for sensitive data independently. |
| Inhalt<br>Course content | The course will give an overview on the main challenges and current approaches for responsible machine learning. This module will focus on explainable and interpretable approaches to machine learning, specifically for classification. It will discuss the relevancy of interpretability and will introduce white-box learning algorithms (e.g., decision tree learning, rule-based classification and simple regression models) and methods to explain black-box solutions (e.g., LIME, counterfactual explanations).<br>The course will also cover the challenges of biases and fairness in machine learning, and will cover how these can be measured at an individual or at a group level. Students will also get to know about algorithms to counteract such biases with pre-, in-, or post-processing methods. In addition, the course will also provide an overview and introduce key approaches of privacy-aware machine learning, and reproducibility issues in machine learning. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Abschlussklausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung abhängig von der Anzahl der Teilnehmer. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written or 20-minute oral examination depending on the number of participants. The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation projector, whiteboard |
| Literatur<br>Reading list | Molnar, Christoph: Interpretable machine learning, 2nd edition, 2020. Online book available at `https://christophm.` |

| | |
|---|---|
| | github.io/interpretable-ml-book/.<br>Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan: Fairness and Machine learning - Limitations and Opportunities, 2017. Online book available at https://fairmlbook.org/pdf/fairmlbook.pdf<br>Additional literature can be announced at the beginning of the semester. |

| 6070 | Markov Chain Monte Carlo | PN 455450 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rudolf | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rudolf | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie<br>Functional Analysis, Probability Theory, Introduction to Stochastics, Measure and Integration Theory | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse bzgl. der Theorie von Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen. Sie kennen und verstehen verschiedene Algorithmen zum approximativen Simulieren von Verteilungen basierend auf Mar- | |

| | |
|---|---|
| | kovketten (z.B. Slice Sampling Metropolis-Hastings, Hit-and-run). Darüber hinaus erlangen die Studierenden vertiefendes Wissen über Beweistechniken zum Verifizieren der Konvergenz von Markovketten und sind in der Lage diese Methoden anzuwenden.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of the theory of Markov chains on general state spaces.<br>They know and understand advanced algorithms for approximate sampling based on Markov chains (e.g. slice sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-run). Beyond that the students obtain deep knowledge about proof techniques to verify convergence results for Markov chains and are able to apply this methodology. |
| Inhalt<br>Course content | • Motivation zum approximativen Sampling<br>• Theorie von Markovketten<br>• Verschiedene algorithmische Verfahren (z.B. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-run)<br>• Wasserstein-Abstand<br>• Ergodensätze<br>—<br>• Motivation of approximate sampling<br>• Theory of Markov chains<br>• Different algorthmic approaches (e.g. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-Run)<br>• Wasserstein distance<br>• Ergodic theorems |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Either written exam (90 minutes) or oral exam (about 30 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und/oder Beamer<br>Presentation with a projector or blackboard |
| Literatur<br>Reading list | R. Douc, E. Moulines, P. Priouret, P. Soulier, Markov Chains, Springer, 2018<br>A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014 |

| 6072 | Foundations of Statistical Data Science | PN 482522 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rudolf | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rudolf | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra I+II, Analysis I+II<br>Probability theory, Introduction to stochastics, Measure and integration theory, Linear Algebra I+II, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden erwerben Kenntnisse bzgl. der mathematischen Modellierung von Daten und deren statistischer Behandlung. Sie kennen und verstehen verschiedene Methoden | |

| | |
|---|---|
| | zur Datenanalyse (z.B. Schätzmethoden, Regression, grafische Methoden). Darüber hinaus erlangen die Studierenden vertieftes Wissen über Beweistechniken in der Mathematischen Statistik, z.B. zum Verifizieren von Aussagen über die Güte von Schätzern und deren asymptotischen Eigenschaften.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of the theory of modeling data and their statistical treatment. They know and understand different methodology for the analysis of data (e.g. estimation methods, regression, graphical methods). Beyond that the students obtain deep knowledge about proof techniques in mathematical statistics, e.g., to verify statements about the quality of estimators and their asymptotic properties. |
| Inhalt<br>Course content | Grundkonzepte der statistischen Datenanalyse u.a.:<br>• Elementare statistische Modelle<br>• Statistische Grundlagen<br>• Grafische Methoden<br>• Deskriptive Größen<br>• Schätzmethoden<br>• EM-Algorithmen und/oder stochastisches Gradientenverfahren<br>• Regression<br>• Hidden Markov Modelle<br>• Bayessche Inferenz<br>—<br>Basic concepts of statistical data analysis, inter alia:<br>• Elementary statistical models<br>• Statistical objects<br>• Graphical methods<br>• Descriptive quantities<br>• Estimation methods<br>• EM algorithm and/or Stochastic gradient descent<br>• Hidden Markov models<br>• Bayesian inference |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Either written exam (90 minutes) or oral exam (about 30 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und/oder Beamer und/oder andere virtuelle Formate |

| | |
|---|---|
| | Presentation with a projector or blackboard or other virtual formats |
| Literatur<br>Reading list | J. Berger, Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis, Springer, 1993.<br>P. Billingsley, Convergence of probability measures, Wiley Series in probability and Mathematical Statistics, 1999.<br>R. van Handel, Hidden Markov models, Unpublished lecture notes (2008).<br>A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014.<br>V. Panaretos, Statistics for mathematicians, Springer, 2016.<br>S. Shalev-Shwartz and S. Ben-David, Shai, Understanding machine learning, Cambridge University Press, 2014. |

| 6073 | Stochastische Prozesse<br>Stochastic Processes | PN 405915 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rudolf | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rudolf | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra I+II, Analysis I+II<br>Probability theory, Introduction to stochastics, Measure and integration theory, Linear Algebra I+II, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden lernen grundlegende stochastische Prozesse, deren Eigenschaften, Modellierungsaspekte sowie deren ver- | |

| | |
|---|---|
| | schiedene Verhalten kennen. Sie sind in der Lage diese Prozesse einzuordnen, mit ihnen umfassend theoretisch zu arbeiten sowie Aussagen über deren Charakteristika zu beweisen. Darüber hinaus sind Studierende nach Beendigung der Vorlesung fähig, ein Thema im Bezug zu stochastischen Prozessen eigenständig darzustellen.<br>—<br>The students acquire a systematic understanding of the theory of stochastic processes, their properties and modeling aspects as well as their different behaviors. They are able to classfiy the processes, can work with them theoretically and can formulate as well as prove statements about their characteristics. Moreover, after finishing the lecture students are able to present a topic related to stochastic processes on their own. |
| Inhalt<br>Course content | Folgenden Inhalte werden besprochen:<br>• Poisson Prozesse<br>• Martingale (zeitdiskret und/oder zeitkontinuierlich)<br>• Markov Prozesse (Brownsche Bewegung und/oder Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen)<br>• Stoppzeiten und starke Markoveigenschaft<br>• Simulationsalgorithmen mit Konvergenzeigenschaften<br>—<br>The following content will be covered:<br>• Poisson processes<br>• Martingales (time-discrete and/or time-continuous)<br>• Markov processes (Brownian motion and/or Markov chains on continuous state spaces)<br>• stopping times and strong Markov property<br>• simulation of processes with convergence properties |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Zwei Teilleistungen:<br>Teilleistung 1 (80%):<br>120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Teilleistung 2 (20%):<br>Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema im Bezug zu stochastischen Prozessen.<br>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.<br>Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |

| | |
|---|---|
| | Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject related to stochastic processes. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und/oder Beamer und/oder andere virtuelle Formate<br>Presentation with a projector or blackboard or other virtual formats |
| Literatur<br>Reading list | D. Meintrup, S. Schäffler, Stochastik, Springer, 2005.<br>A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014.<br>R. Douc, E. Moulines, P. Priouret, P. Soulier, Markov chains, Springer 2018 |

| 6074 | Slice Sampling | PN 465510 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Rudolf | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Rudolf | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra 1 und 2, Analysis 1 und 2<br>Probability Theory, Introduction to Stochastics, Measure and -Integration Theory, Linear Algebra 1 and 2, Analysis 1 and 2 | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden lernen grundlegende Konzepte bzgl. Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen kennen. Der Fokus liegt auf dem algorithmischen Ansatz des Slice Sampling zum | |

| | |
|---|---|
| | approximativen Simulieren von Verteilungen. Die Teilnehmer sind in der Lage Wohldefiniertheits- und Konvergenzaussagen bzgl. obigem Approximationsproblem zu formulieren sowie die Methodik auf Bayessche inverse Probleme anzuwenden.<br>—<br>The students learn fundamental concepts regarding Markov chains on general state spaces. The focus is on the algorithmic approach of slice sampling for the approximate simulation of distributions. Participants are able to formulate statements on well-definedness and convergence related to the above approximation problem, as well as apply the methodology to Bayesian inverse problems. |
| Inhalt<br>Course content | • Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen<br>• Totale Variation, Spektrallücke und Wasserstein-Abstand<br>• Simple Slice Sampling<br>• Hybrid Slice Sampling (mit Elliptical-, hit-and-run-, Gibbsian Polar slice sampling)<br>• Bayessche statistische Modelle (logistische-, Poisson-, Gaussche-Regression), Neals Funnel und Multivariate Mixtures<br>—<br>• Markov chains on general state spaces<br>• Total variation distance, spectral gap, Wasserstein distance<br>• Simple slice sampling<br>• Hybrid slice sampling (with elliptical-, hit-and-run- and Gibbsian polar slice sampling)<br>• Bayesian statistical models (logistic-, Poisson-, Gaussian-Regression), Neals Funnel and multivariate mixtures |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Either written exam (90 minutes) or oral exam (about 30 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und/oder Beamer<br>Presentation with a projector or blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Wird vom Dozenten oder der Dozentin bekannt gegeben<br>Announced by the lecturer |

| 6080 | Computational Linguistics | PN 455396 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Hautli-Janisz | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Hautli-Janisz | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Information Retrieval and Natural Language Processing, Data Science oder Data Mining and Machine Learning | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students gain an overview of the main concepts, research questions and methodological frameworks in computational linguistics. The course covers the areas of phonetics, morphology, syntax, semantics and pragmatics and presents the core methods and challenges for language processing in the- | |

| | |
|---|---|
| | se subfields of CL. Students also gain insights into a number of current topics in applied computational linguistics, such as Machine Translation, Question Answering, Chatbots & Dialogue Systems and Search.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Successful candidates understand the general challenges that language poses for automatic processing. Based on their knowledge across subfields of CL, they can discuss the ways in which linguistic information can be encoded for computational modeling and they can also identify those methods that are most appropriate for processing it. For those areas of applied computational linguistics that are covered in the course, students understand the standard approaches, challenges and limitations of the state of the art.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Successful candidates can transfer their knowledge in computational linguistic modeling to different settings, languages and research questions. They are able to reflect on everyday computational linguistic applications like virtual assistants and machine translation systems. They can also provide a preliminary judgement as to what extent particular applications require more in-depth computational linguistic modeling. |
| Inhalt<br>Course content | Computational linguistics (CL) is the scientific and engineering discipline concerned with understanding written and spoken language from a computational perspective, and building systems that usefully process and produce language (`https://plato.stanford.edu/entries/computational-linguistics/`). It is one of the central components of everyday technology, from web search to machine translation. In this course we will cover the main concepts, research questions and methodological frameworks in the area.<br>Topics include:<br>• Phonetics and Speech Signal Processing<br>• Syntactic Parsing<br>• Computational Semantics<br>• Computational Lexical Semantics<br>• Computational Pragmatics<br>• Corpora and Annotation<br>• Lexical Resources<br>• Classification and Clustering<br>• Statistical Tests and Evaluation<br>• Machine Translation<br>• Question Answering<br>• Chatbots & Dialogue Systems |

| | |
|---|---|
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90min Klausur<br>90min written exam |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Beamer<br>Presentation with projector |
| Literatur<br>Reading list | Speech and Language Processing. 2022. Dan Jurafsky and James Martin, 3rd ed. draft online (`https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/`)<br>The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing. 2010. Alexander Clark et al. (editors). Blackwell Publishing Ltd (`https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444324044`)<br>Foundations of Statistical Natural Language Processing. 1999. Chris Manning and Hinrich Schütze. MIT Press (`https://nlp.stanford.edu/fsnlp/`)<br>For more advanced literature, see lecture slides. |

| 6089 | Computational Linguistics Shared Task Lab | PN 472810 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Hautli-Janisz | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Hautli-Janisz | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums<br>60 contact hours + 120 h self-study and implementation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Computational Linguistics, Python Programming Language, and Advanced Topics in Data Science or Introduction to AI Engineering | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Students learn about standard methods and procedures to solve a task in the field of Computational Linguistics (CL). They know about the relevant publication venues of the state of the art and can identify related work, similar challenges and | |

| | |
|---|---|
| | relevant solutions.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Students understand the challenges that language poses for automatic processing. Based on the shared task description, they are able to break down the task into sensible work packages. Based on their knowledge across the linguistic subfields of CL, they identify the best processing method for each work package and rigorously evaluate their solution based on the shared task criteria to measure their overall performance.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Students are able to solve a complex problem in the form of a current CL shared task. The students can reflect on the method and model choices and present their solution in a concise and coherent way. |
| Inhalt<br>Course content | The Computational linguistics (CL) Lab complements the Computational Linguistics module and offers students the opportunity to develop their own solutions for processing natural language based on current shared tasks in the field.<br>—<br>Participants are expected to work on their project a regular basis and to submit their progress to Git. Preliminary results are regularly presented and discussed in class. The submitted project contains the report and the source code. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio. Details on the assessment will be announced at the beginning of the course. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Beamer<br>Presentation with projector |
| Literatur<br>Reading list | Specific literature for each topic will be announced at the beginning of the semester. |

| 6100 | Computational Game Theory | PN 472690 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Harks | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Std. Präsenz, 90+90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours, 90+90 hours independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra I+II<br>Analysis I+II, Linear Algebra I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der algorithmischen Spieltheorie.<br>—<br>The students learn the foundations of algorithmic game theory.<br>Fähigkeiten / Abilities | |

| | |
|---|---|
| | Die Studierenden können verteilte Systeme mit strategischer Interaktion modellieren und analysieren. Insbesondere algorithmische Zugänge zur Berechnung von Gleichgewichtslösungen werden vermittelt.<br>—<br>The students are able to model distributed systems with strategically interacting agents. They are able to algorithmically solve such systems by means of computing equilibrium solutions.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, verteilte Systeme mit strategischer Interaktion zu modellieren, zu bewerten und mit Rechnerunterstützung zu lösen.<br>—<br>The students have the competence to model and algorithmically solve distributed systems with strategically interacting agents. |
| Inhalt<br>Course content | Nash-Equilibrium, Lemke-Howson, PPAD, PLS, Congestion Games, Pricing, Cooperative Game Theory, Core, Auctions, Mechanism Design |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur (oder 30 Minuten mündliche Prüfung) über die Themen: Nash-Equilibrium, Lemke-Howson, PPAD, PLS, Congestion Games, Pricing, Cooperative Game Theory, Core, Auctions, Mechanism Design.<br>Exam (120 minutes) or oral exam (30 minutes) covering the topics: Nash-Equilibrium, Lemke-Howson, PPAD, PLS, Congestion Games, Pricing, Cooperative Game Theory, Core, Auctions, Mechanism Design. |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Skriptum |

| 6101 | Komplexe Dynamische Netzwerke<br>Complex Dynamic Networks | PN 471515 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Wird vermutlich nicht mehr angeboten<br>Probably not offered anymore | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Schönlein | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Schönlein | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 1Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Gewöhnliche Differentialgleichungen<br>Analysis I+II, Linear Algebra I+II, Ordinary Differential Equations | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Grundlagen der mathematischen Modellierung komplexer Systeme wie kausale Loop Diagram- | |

| | |
|---|---|
| | me. Sie verstehen den Einfluss von Rückkopplungen unter den Komponenten komplexer dynamischer Netzwerke. Die Studierenden sind in der Lage komplexe Netzwerke zu visualisieren und zu simulieren. Sie kennen verschiede Maße für die Strukturanalyse komplexer Netzwerke.<br>—<br>The participants are familiar with the fundamentals of modeling complex systems, such as causal loop diagrams. They command methods for creating mathematical models in science and engineering. They are aware of feedback interactions among the components of complex dynamic networks. The students are able to visualize and simulate complex networks and know measures and metrics capturing features of network structures.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage mathematische Modelle für reale Systeme zu erstellen. Sie können komplexe Systeme untersuchen indem sie Simulationen erstellen und verschiedene Struktureigenschaften analysieren.<br>—<br>The students are able to create mathematical models for real-world systems. They are able to draw conclusions based on visualizations, simulations and structural analysis. |
| Inhalt<br>Course content | Folgende Themen werden behandelt:<br>Modellierung komplexer Systeme (Kausale Loop Diagramme), Darstellung komplexer Systeme, Strukturanalyse komplexer Systeme (Zentralitätsmaße, PageRank, Gruppenbildung), Synchronisation gekoppelter Systeme, Populations- und Epidemie-Modelle<br>—<br>The following topics will be covered:<br>modeling complex systems (causal loop diagrams), visualization and simulation of complex systems, analysis of topological properties (centrality measures, PageRank, clustering), population and epidemic models |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters durch Aushang und auf den Internetseiten der Fakultät bekannt gegeben.<br>90-minute examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced on the noticeboard and on the faculty website at the beginning of the semester. |

| | |
|---|---|
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb, Online Lehre via Zoom<br>Blackboard, online teaching via Zoom |
| Literatur<br>Reading list | H. Sayama. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. Open SUNY Textbooks, 2015<br>J. Sterman. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill Higher Education, 2000<br>S. Meyn. Control Techniques for Complex Networks. Cambridge University Press, 2008<br>M. Newman. Networks. 2nd Ed. Oxford University Press, 2018 |

| 6103 | Distributed Algorithms | PN 422150 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Ghodselahi, Harks | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“, Modulgruppe „DSO“<br>Focus „AGC“, Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz, 60 Std. Übung, 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours, 60 hours independent study, 60 hours lecture and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Interesse an Algorithmik<br>Interest in algorithmic problems | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden des verteilten Rechnens. Insbesondere werden Theme wie „communication, locality, parallelism, self-organization, symmetry breaking, synchronization, and uncertainty” behandelt. | |

| | |
|---|---|
| | —<br>Understanding of the fundamental principles and issues underlying the design of distributed systems and networks<br>Familiarity with essential algorithmic ideas and lower bound techniques in distributed computing<br>Ability to analyze and design distributed algorithms for areas such as communication, locality, parallelism, self-organization, symmetry breaking, synchronization, and uncertainty<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden sind in der Lage verteilte Algorithmen zu entwerfen und für Anwendungen im Bereich Kommunikation, Parallelisierbarkeit und Selbstorganisation anzuwenden.<br>—<br>Analyze and design distributed algorithms for areas such as communication, locality, parallelism, self-organization, symmetry breaking, synchronization, and uncertainty<br>Understand the fundamental principles and issues underlying the design of distributed systems and networks<br>Develop a strong foundation for further study or work in the field of distributed computing<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, verteilte Algorithmen zu entwerfen und für Anwendungen mit Rechnerunterstützung Lösungen zu berechnen.<br>—<br>The ability to analyze and design distributed algorithms for a variety of fundamental issues in distributed computing<br>The ability to apply knowledge of distributed computing to real-world distributed systems and networks<br>A strong understanding of the fundamental principles and issues underlying the design of distributed systems and networks |
| Inhalt<br>Course content | Introduction, Vertex Coloring, Tree Algorithms, Distributed Sorting, Maximal Independent Set, Shared Objects, Locality-Based Lower Bounds, Synchronizers, Dynamic Networks |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur (oder 30 Minuten mündliche Prüfung) über: Vertex Coloring, Tree Algorithms, Distributed Sorting, Maximal Independent Set, Shared Objects, Locality-Based Lower Bounds, Synchronizers, Dynamic Networks<br>Exam (120 minutes) or oral exam (30 minutes) covering the topics: Vertex Coloring, Tree Algorithms, Distributed Sorting, Maximal Independent Set, Shared Objects, Locality-Based Lower Bounds, Synchronizers, Dynamic Networks |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb<br>Blackboard, (videos in case of virtual lecture) |

| | |
|---|---|
| Literatur<br>Reading list | Distributed Computing: A Locality-Sensitive Approach<br>D. Peleg<br>Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2000.<br>Distributed Computing: Fundamentals, Simulations and Advanced Topics<br>H. Attiya, J. Welch<br>McGraw-Hill Publishing, 1998.<br>Dissemination of Information in Communication Networks<br>J. Hromkovic, R. Klasing, A. Pelc, P. Ruzicka, W. Unger<br>Springer-Verlag, 2005.<br>Introduction to Parallel Algorithms and Architectures: Arrays, Trees, Hypercubes<br>F. T. Leighton<br>Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1991.<br>Introduction to Algorithms (3rd edition)<br>T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein<br>The MIT Press, 2009. |

| 6105 | Dynamic Network Flows | PN 422160 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Graf, Harks | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std. Präsenz, 60+60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30+30 contact hours, 60+60 hours independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Analysis I+II<br>Linear Algebra I, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Modelle und Methoden, um dynamische Netzwerkflüsse zu berechnen und zu charakterisieren. Des Weiteren werden Modelle mit strategisch agierenden Flusspartikeln betrachtet.<br>—<br>The students learn the foundations of dynamic network flows | |

| | |
|---|---|
| | from a computational perspective. They also understand models with strategic acting agents.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können dynamische Netzwerkflüsse modellieren und charakterisieren. Des Weiteren können sie Modelle mit strategischer Interaktion von Flusspartikeln modellieren und analysieren. Insbesondere algorithmische Zugänge zur Berechnung von Gleichgewichtslösungen werden vermittelt.<br>—<br>The students are able to model dynamic network flows with and without strategically interacting agents. They are able to algorithmically solve such models by means of computing equilibrium solutions.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden haben die Kompetenz, dynamische Netzwerkflüsse sowohl ohne wie auch mit strategischer Interaktion von Flusspartikeln zu modellieren, zu bewerten und mit Rechnerunterstützung zu lösen.<br>—<br>The students have the competence to model and algorithmically solve dynamic network flows with and without strategically interacting agents. |
| Inhalt<br>Course content | Dynamic capacitated flows, earliest arrival flows, Ford-Fulkerson Algorithm, Vickrey model, dynamic equilibrium flows, thin flows, instantaneous dynamic equilibrium flows, path-delay operator model |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur (oder 30 Minuten mündliche Prüfung) über die Themen: Dynamic capacitated flows, earliest arrival flows, Ford-Fulkerson Algorithm, Vickrey model, dynamic equilibrium flows, thin flows, instantaneous dynamic equilibrium flows, path-delay operator model.<br>Exam (120 minutes) or oral exam (30 minutes) covering the topics: Dynamic capacitated flows, earliest arrival flows, Ford-Fulkerson Algorithm, Vickrey model, dynamic equilibrium flows, thin flows, instantaneous dynamic equilibrium flows, path-delay operator model. |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb<br>Blackboard, (videos in case of virtual lecture) |
| Literatur<br>Reading list | Skriptum |

| 6106 | Computational Geometry | PN 405125 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Hinweis: Das Modul ersetzt das alte Modul „Algorithmische Geometrie“ - keine Doppelanrechung möglich!<br>Irregular<br>Notice: The module replaces the old module „Algorithmic Geometry“ - cannot be credited twice. | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Desai | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „AGC“, Modulgruppe „DSO“<br>Focus „AGC“, Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Euklidische Geometrie, Algorithmen und Datenstrukturen, Lineare Algebra, Analysis<br>Euclidean Geometry, Algorithms and Data Structures, Linear Algebra, Analysis | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |

| | |
|---|---|
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen Techniken, die man für den Entwurf und die Analyse geometrischer Algorithmen und Datenstrukturen benötigt.<br>—<br>The students know techniques that can be used to design and analyze geometric algorithms and data structures.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Verfahren und Datenstrukturen exemplarisch ausführen, deren Funktionsweise erläutern und sie analysieren.<br>—<br>The students can apply the algorithms and data structures presented in the lecture on examples, can explain the way they work and are able to analyze them.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden können entscheiden, welche Algorithmen oder Datenstrukturen geeignet sind, um ein gegebenes geometrisches Problem zu lösen. Die Studierenden sind in der Lage, neue Probleme zu analysieren und sich auf Basis der in der Vorlesung erlernten Konzepte und Techniken eigene effiziente Lösungen zu überlegen.<br>—<br>The students have the competence to decide which algorithms or data structures are useful to solve a geometric problem. They are able to analyze new problems and think of efficient solutions based on the concepts and techniques learned in the lecture. |
| Inhalt<br>Course content | Diese Vorlesung beschäftigt sich mit den algorithmischen Aspekten geometrischer Problemstellungen: Wir werden Techniken erlernen, die man für den Entwurf und die Analyse von geometrischen Algorithmen und Datenstrukturen benötigt.<br>Insbesondere werden Themen wie “Convex hull in 2d, Range search, intersections, Polygon triangulation, Art Gallery theorem, Duality and line arrangements, Voronoi diagram and Delaunay triangulations, Epsilon-nets and VC-dimension, Clustering point sets” vorgestellt.<br>—<br>This lecture deals with algorithmic aspects of geometric tasks: we will learn techniques that can be used to design and analyze geometric algorithms and data structures.<br>In particular, we will cover topics like Convex hull in 2d, Range search, intersections, Polygon triangulation, Art Gallery theorem, Duality and line arrangements, Voronoi diagram and De- |

| | |
|---|---|
| | launay triangulations, Epsilon-nets and VC-dimension, Clustering point sets. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) über die Themen der Vorlesung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>Written exam (120 minutes) or oral exam (approx. 30 minutes) covering the content of the course. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafelanschrieb<br>Blackboard, (videos in case of virtual lecture) |
| Literatur<br>Reading list | Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, Mark Overmars: Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag, 3rd edition, 2008.<br>Rolf Klein: Algorithmische Geometrie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Springer-Verlag, 2nd edition, 2005. |

| 6111 Klassische Grenzwertsätze & große Abweichungen<br>Classical Limit Theorems & Large Deviations | PN 451019 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Prochno |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Prochno |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 9 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Einführung in die Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie<br>Introduction to Stochastics, Probability Theory |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden bekommen ein vertieftes Verständnis klassischer Grenzwertsätze der Wahrscheinlichkeitstheorie und lernen die grundlegenden Konzepte sowie Techniken der Theorie der großen Abweichungen kennen. |

| | |
|---|---|
| | —<br>Students obtain a deeper understanding of classical limit theorems in probability and learn the fundamental concepts and methods of large deviations theory.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden üben den Umgang sowie die Kombination der Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie, speziell der Theorie der großen Abweichungen, an ausgewählten Problemen, die sich auf verschiedene Bereiche der Mathematik, wie etwa Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, (konvexe und diskrete) Geometrie sowie theoretische Informatik, stützen.<br>—<br>Students practice handling the methods developed and used in probability theory, in particular large deviations theory, which are intimately related to functional analysis, probability theory, (discrete and convex) geometry, and computer science.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie, speziell der Theorie der großen Abweichungen, bei konkreten Fragestellungen anzuwenden.<br>—<br>The students are able to approach problems in mathematics and related fields by means of methods and ideas from probability theory, in particular large deviations theory. |
| Inhalt<br>Course content | Ausgehend von den klassischen Grenzwertsätzen der Wahrscheinlichkeitstheorie, die das typische Verhalten etwa von Summen u.i.v Zufallsgrößen beschreiben, führen wir in die Theorie der großen Abweichungen ein, d.h. die zentralen Begriffe, Konzepte und fundamentale Sätze werden behandelt. Die Theorie beschäftigt sich mit untypischen/ seltenen Ereignissen und deren asymptotische Quantifizierung mittels Ratenfunktionen. Sie steht historisch in enger Verbindung zur statistischen Physik und hat moderne Anwendungen/Bezüge etwa zu geometrischer Funktionalanalysis, Konvexgeometrie oder theoretischer Informatik.<br>Das Modul beinhaltet Elemente aus:<br>• Kolmogorovs L1-Version des SGGZ<br>• Lindebergs Zentraler Grenzwertsatz<br>• Lindeberg Methode<br>• Legendre Transformation<br>• Kumulantenerzeugende Funktion<br>• Satz von Cramér<br>• Satz von Cramér (heavy tails Version) |

| | |
|---|---|
| | • Prinzipien großer Abweichungen<br>• Kontraktionsprinzip<br>• Varadhans Variationslemma<br>• Satz von Sanov<br>• Anwendungen in Funktionalanalysis, theoretischer Informatik<br>—<br>Starting with the classical limit theorems in probability theory, which describe, for instance, the typical behavior of sums of iid random variables, we introduce the theory of large deviations with its key notions and concepts as well as some of the fundamental results. The theory deals with atypical/ rare events and their asymptotic quantification using rate functions. Historically, the area is closely linked to statistical physics and has modern applications in/ is related to geometric functional analysis, convex geometry or theoretical computer science.<br>The module covers elements from:<br>• Kolmogorov's L1 version of the SLLN<br>• Lindeberg's central limit theorem<br>• Lindeberg's method<br>• Legendre transformation<br>• Cumulant generating function<br>• Cramér's theorem<br>• Cramér's theorem (heavy tails version)<br>• Large deviation principles<br>• Contraction principle<br>• Varadhan's variational lemma<br>• Sanov's theorem<br>• Applications in functional analysis, theoretical computer science |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) in deutscher oder englischer Sprache; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or oral exam (about 30 minutes) in German or English; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet<br>Presentation and projector, blackboard/tablet |
| Literatur<br>Reading list | J. Prochno: Classical limit theorems & large deviations, Lecture notes, 2020<br>F. Den Hollander: Large Deviations, Fields Institute Monographs, Volume 14, 2000<br>A. Dembo, O. Zeitouni: Large Deviations Techniques & Applications, Springer, 2010 |

| 6112 Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing | PN 485384 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Prochno |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Prochno, Sonnleitner |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 3V + 1Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 40 Std. Übungen + 80 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 40 hrs exercises + 80 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 6 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I+II, Analysis I+II, Einführung in die Stochastik<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Introduction to Stochastics |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen Grundkonzepte und -resultate der “Information-based complexity” und wissen über die Funktionsweise von “Compressed Sensing” Bescheid. |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students know fundamental concepts and statements of information-based complexity and are aware of the workings of compressed sensing.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden üben anhand ausgewählter Probleme Begriffe und Methoden aus "Information-based Complexity" und "Compressed Sensing" einzuordnen und anzuwenden. Sie wenden diese an, um konkrete Fragestellungen zu beantworten.<br>—<br>The students practice with the help of selected problems to classify and apply concepts and methods of information-based complexity and compressed sensing. They apply these in order to solve concrete problems.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden von "Information-based Complexity" und "Compressed Sensing" bei konkreten Fragestellungen anzuwenden.<br>—<br>The students are able to apply concepts and methods of information-based complexity and compressed sensing to concrete problems. |
| Inhalt<br>Course content | Die "Information-based Complexity" beschäftigt sich mit der theoretischen Analyse von numerischen Problemen und der Komplexität dieser Probleme in Abhängigkeit von gegebener Information und Dimensionalität. "Compressed Sensing" ist eine effiziente Methode, um Signale mit wenigen wesentlichen Charakteristika wiederherzustellen oder abzuspeichern, und wird als solche in der Lehrveranstaltung im Rahmen von "Information-based Complexity" studiert. Der Inhalt setzt sich aus Themenbereichen der folgenden Liste zusammen:<br>• Grundlagen der "Information-based complexity"<br>• Numerische Integration und Approximation<br>• Lineare Algorithmen und lineare Probleme<br>• "Compressed sensing" und "sparse approximation"<br>• "Restricted Isometry Property"<br>• (Gauss'sche) Zufallsmatrizen und Maßkonzentration<br>—<br>Information-based Complexity is concerned with the theoretical analysis of numerical problems and their complexity with respect to given information and intrinsic dimensionality. Compressed sensing is an efficient technique to recover and store signals with few important features, and as such will be studied in this course in the framework of information-based complexity. The content is based on elements of the following |

| | |
|---|---|
| | list:<br>• Information-based complexity basics<br>• Numerical integration and approximation<br>• Linear algorithms and Linear problems<br>• Compressed sensing and sparse approximation<br>• Restricted Isometry Property<br>• (Gaussian) random matrices and concentration of measure |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) in deutscher oder englischer Sprache; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or oral exam (about 30 minutes) in German or English; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet<br>Presentation and projector, blackboard/tablet |
| Literatur<br>Reading list | Skript / lecture notes<br>Weiterführende Literatur wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>Additional reading material will be announced at the start of the semester |

| 6120 | Principles of AI Engineering | PN 455410 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Herbold | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Herbold | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Software Engineering, Introduction to AI Engineering | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe und Verfahren zur Entwicklung von Anwendungen mit Komponenten der Künstlichen Intelligenz (AI/KI) und wissen wie diese im Operativbetrieb eingesetzt werden können. Sie können zu gegeben Problemen geeignete Anforderungen an KI Systeme de- | |

| | |
|---|---|
| | finieren, eine geeignete Architektur auswählen und umsetzen, und die Qualität dieser Systeme sichern. Sie können nicht-funktionale Aspekte von KI-Systemen bewerten, um einen verantwortungsbewussten, ethischen, und mit regulatorischen Anforderungen kompatiblen Einsatz zu gewährleisten.<br>—<br>The students know the terminology and methods for the development of applications with components powered by Artificial Intelligence (AI) and how they can be used in operation. They know how to define requirements for AI systems, can define and implement suitable architectures, and ensure their quality of such systems. They can assess non-functional aspects of AI systems to ensure a responsible, ethical, and regulatory compliant use. |
| Inhalt<br>Course content | Dieses Modul behandelt die Themen:<br>• Requirements Engineering für Systeme mit KI Komponenten<br>• Architektur und Design von Systemen mit KI Komponenten<br>• KI Pipelines<br>• Testen von KI Komponenten<br>• Datenqualität<br>• Continuous Deployment und MLOps<br>• Verantwortungsbewusstes entwickeln von KIs<br>• Ethische und regulatorische Aspekte von KIs<br>—<br>This module covers the following topics:<br>• Requirements engineering for systems with AI components<br>• Architecture and design of systems with AI components<br>• AI/ML pipelines<br>• Testing of AI components<br>• Data quality<br>• Continuous deployment and MLOps<br>• Responsible development of AIs<br>• Ethical and regulatory aspects |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio:<br>Bearbeitung eines Semesterprojekts, nachgewiesen durch eine ca. 10-minütiges Kolloquium mit Präsentation und einen ca. 2-seitigen schriftlichen Bericht der eigenen Projektergebnisse am Semesterende.<br>60-minütige Klausur oder ca. 15 Minuten mündliche Prüfung jeweils in deutscher oder englischer Sprache. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. |

| | |
|---|---|
| | —<br>Portfolio:<br>Implementation of a semester project completed with a presentation of approximately 10 minutes duration and a 2 page written report featuring a demonstration of results at the end of the semester.<br>A 60-minute written or oral examination of approximately 15 minutes duration conducted either in German or English. The form of assessment is announced at the beginning of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben |

| 6123 | Deep Learning for Natural Language and Code | PN 472700 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Herbold | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Herbold | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Introduction to Deep Learning | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die üblichen Aufgaben, die durch Verarbeitung von Text gelöst werden können, sowohl für die natürliche Sprache, als auch für Code. Sie kennen moderne auf Deep Learning basierende Verfahren zum Lösen dieser Probleme und können diese praktisch umsetzen. Sie wissen | |

| | |
|---|---|
| | welche Verfahren für eine gegebene Problemstellung geeignet sind und können diese auswählen. Sie kennen die Grenzen der Modelle und können die Güte der Ergebnisse bewerten.<br>—<br>The students know the typical tasks that can be solved through natural language and code processing. They know modern deep learning approaches to address these tasks and know how to implement them in practice. They know how select suitable methods for a given problem. They know the limitations of the models and can evaluate their performance. |
| Inhalt<br>Course content | Dieses Modul behandelt die Themen:<br>• Typische Aufgaben der Textverarbeitung<br>• Word embeddings und Recurrent Neural Networks<br>• Transformer und Pre-training<br>• Encoder-only Modelle<br>• Decoder-only Modelle<br>• Encoder-decoder Modelle<br>• Domainspezifische Modelle<br>• Embeddings für Code<br>• Transformer für Code<br>• Multimodale Modelle<br>—<br>This module covers the following topics:<br>• Typical tasks for language and code processing<br>• Word embeddings and recurrent neural networks<br>• Transformers and pre-training<br>• Encoder-only models<br>• Decoder-only models<br>• Encoder-decoder models<br>• Encoder-decoder models<br>• Domain-specific models<br>• Embeddings for code<br>• Transformers for code<br>• Multimodal models |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written or 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |

| | |
|---|---|
| Literatur<br>Reading list | Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben<br>Will be announced at the beginning of the lecture |

| 6131 | Extremal Combinatorics | PN 482213 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Glock | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Gupta | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Graphentheorie<br>Linear Algebra I, Graph Theory | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students will be able to apply various tools and techniques to solve extremal problem for graphs and sets. | |
| Inhalt<br>Course content | In this course we study the question of the form “How large or small can a parameter associated to a structure be under certain restrictions?” We will learn the regularity lemma, pro- | |

| | |
|---|---|
| | babilistic method–Lovász local lemma, polynomial method – slice rank method and topological method- Borsuk Ulam theorem and their application to extremal problems for graphs and sets. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120min schriftliche Klausur oder mündliche Klausur (ca. 30min). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Extremal Combinatorics by Stasys Jukna<br>The probabilistic method by Joel Spencer and Noga Alon |

| 6132 | Random Graphs | PN 422140 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Glock | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Glock | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std Präsenz, 90 Std Nacharbeitungszeit<br>30+30 contact hours, 90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Graphentheorie, Einführung in die Stochastik<br>Graph Theory, Introduction to Stochastics | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The students get an overview over the binomial random graph model. They will be able to prove major results and apply them to specific problems. In addition, they will be able to illustrate one topic of Random graphs in a short essay. | |
| Inhalt<br>Course content | The course covers the following topics:<br>• The binomial random graph model<br>• Concentration inequalities | |

| | |
|---|---|
| | • Sharp and coarse thresholds<br>• Phase transition<br>• Small subgraphs<br>• Chromatic number<br>• Spanning subgraphs |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Examination in two parts:<br>Part 1 (80%):<br>Oral exam (about 30 minutes) or written exam (120 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.<br>Part 2 (20%):<br>Written work (up to 10 pages) on a subject related to random graphs.<br>To pass the examination, both parts have to be passed. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Janson, Luczak, Rucinski: Random graphs, Wiley<br>Frieze, Karonski: Introduction to random graphs, Cambridge University Press |

| 6133 | Combinatorial Number Theory | PN 455560 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Glock | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Glock | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hours exercises + 90 hours independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I+II, Analysis I+II<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben Fachwissen über die kombinatorische Zahlentheorie. Sie kennen wichtige Definitionen, Theoreme und deren Beweise.<br>—<br>The students acquire expertise on combinatorial number theo- | |

| | |
|---|---|
| | ry. They know important definitions, theorems and their proofs.<br><br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, konkrete theoretische Fragestellungen, die einen engen Bezug zum Vorlesungsstoff haben, zu lösen.<br>—<br>The students have the ability to solve specific theoretical problems closely related to the lecture material.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, Lösungsstrategien für komplexe Fragestellungen der kombinatorischen Zahlentheorie zu entwickeln.<br>—<br>The students have the competence to develop strategies for solving complex problems from combinatorial number theory. |
| Inhalt<br>Course content | • Ramseytheorie für arithmetische Progressionen;<br>• Littlewood-Offord Theorie;<br>• Diskrete Fourier-Analysis und Satz von Roth;<br>• Struktur der Mengen- Addition und Mengen- Multiplikation;<br>• Verteilung der Primzahlen<br>—<br>• Ramsey theory for arithmetic progressions;<br>• Littlewood-Offord theory;<br>• Discrete Fourier Analysis and Roth's theorem;<br>• Structure of set addition and set multiplication;<br>• Distribution of prime numbers |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Die Prüfung besteht aus zwei Teilen:<br>Teil 1 (80%): mündliche Prüfung (30 Minuten)<br>Teil 2 (20%): ein Essay (ca. 10 Seiten) über ein Thema der kombinatorischen Zahlentheorie<br><br>The examination consists of two parts:<br>Part 1 (80%): oral examination (30 minutes)<br>Part 2 (20%): a written work (about 10 pages) on a topic from combinatorial number theory. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | T. Tao, V. Vu: Additive Combinatorics<br>Y. Zhao: Graph Theory and Additive Combinatorics |

| 6140 | Exemplary and Effective Programming | PN 413152 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Wird vermutlich nicht mehr angeboten<br>Probably not offered anymore | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Abbott | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Abbott | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 1V+3P | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 56 hours' lectures & project meetings;<br>124 hours' study & project work.<br>• First phase: 4 weeks of lectures (4 hours/week)<br>• Second phase: 10 weeks for individual programming projects: 2 hours/week group progress meeting, and 2 hours/week technical discussions.<br>Projects involve implementing (in C++, using CoCoALib) advanced algorithms from computer algebra and/or number theory. | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Access to a development environment for C++ (req. C++14 standard) (e.g. g++ & make on linux, clang & make on MacOS, Cygwin environment on Microsoft)<br>Masters students: access to profiling tools (e.g. gprof, valgrind and kcachegrind)<br>Basic knowledge of procedural programming & classes (e.g. C++, Java or Python). | |

| | |
|---|---|
| | Basic algebra: finite fields, polynomial rings.<br>Recommended: basic algebra & number theory, computer algebra.<br>Not required: numerical analysis. |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Bachelor Mathematik, Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Bachelor Mathematics, Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Participants acquire experience programming in a team on an established body of software: how and when to interact with other team members (incl. bug-tracking tools); software quality guarantees (e.g. exception-safety, thread-safety); where and how to "optimizeän implementation; how to document program code, and how to read and interpret existing documentation; design of efficient and effective data-structures (i.e. "classesïn C++).<br>Fähigkeiten / Abilities<br>• Ability to work in an established team, planning and understanding different working roles.<br>• Ability to give constructive criticism to other team members, and ability to accept constructive criticism from other team members.<br>• Ability to faithfully represent advanced mathematical structures through programming object classes.<br>• Ability to write high quality, maintainable software library code with documentation; incl. accurately delineating input conditions and output guarantees.<br>• Ability to implement proper, comprehensive error handling (e.g. avoiding memory leaks, corrupt structures, dangling references, etc).<br>• Ability to use compilation build systems, and understand error messages.<br>• Ability to design thorough test suites (often in parallel with development and debugging).<br>• (Master) Ability to determine where and how to "optimize" program code (incl. understanding trade-offs, and when not to "optimize")<br>Kompetenzen / Competencies<br>• Team membership: effective inter-communication.<br>• Effective interface/API design (esp. ease of use).<br>• Effective development (and debugging). |

| | |
|---|---|
| | • Effective documentation writing.<br>• Effective reading & understanding of source code written by others.<br>• Effective & safe use of on-line resources (e.g. cppreference, BOOST, StackOverflow).<br>• Master only - Effective “optimization"(e.g. via profiling). |
| Inhalt<br>Course content | Using C++ as a vehicle, participants acquire experience programming in a team on an established body of software: namely CoCoALib, an open-source C++ library for computations in commutative algebra, which already includes several fundamental data-structures and algorithms. Building on top of the foundations of CoCoALib, students are required to design and develop efficient, robust implementations of advanced algorithms from the realms of computer algebra and/or number theory. They will aspire to achieving quality high enough to permit incorporation into the CoCoALib library.<br>Students gain practical knowledge: how and when to interact with other team members (incl. bug-tracking tools); software quality guarantees (e.g. exception-safety, thread-safety); how to document program code, and how to read and interpret existing documentation; design & testing of efficient and effective data-structures (i.e. "\classesïn C++). Masters only: where and how to "\optimizeän implementation (incl. using specific profiling tools). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Final oral presentation 30 min (incl. demo): Present what was achieved, and justify design decisions (with support from profiling tools for Masters students). If implementation incomplete, explain why. Potentially give ideas for future development.<br>Deliver (electronic copy) source code of implementation & test suite.<br>Deliver (electronic copy) documentation: both for users and for maintainers; helpful examples. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Kreuzer & Robbiano Computational Commutative Algebra (vols 1, 2)<br>H. Cohen A Course in Computational Algebraic Number Theory<br>V. Shoup A Computational Introduction to Number Theory and Algebra www.shoup.net<br>S. Meyers Effective C++ (book series) |

| 6141 | Komplexitätstheorie<br>Computational Complexity Theory | PN 482211 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Präsenz, 120+60 Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours, 120+60 independent study | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Theoretische Informatik, Mathematische Logik<br>Theoretical Computer Science, Mathematical Logic | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Vorlesung ist eine Einführung in das P versus NP Problem und die es umgebende Theorie. Die Studierenden lernen<br>• algorithmische Ressourcen wie Laufzeit, Speicherplatz, Nichtdeterminismus, Alternierung oder Randomisierung von Algorithmen abzuschätzen.<br>• die inherente Komplexität gegebener Berechnungsprobleme zu erkennen und via zentraler Komplexitätsklas- | |

| | |
|---|---|
| | sen zu klassifizieren.<br>• theoretische Resultate zur Struktur dieser Komplexitätsklassen.<br>—<br>The course offers an introduction to the P versus NP problem and its surrounding theory. Students learn<br>• to estimate algorithmic resources like runtime, memory, nondeterminism, alternation or randomness of algorithms.<br>• to classify computational problems according to their inherent complexity and via complexity classes.<br>• theoretical results concerning the structure of these complexity classes. |
| Inhalt<br>Course content | Computational complexity theory aims to classify computational problems according to the algorithmic resources required for their solution. Resources are for example time, space, nondeterminism, or randomness. A central role is played by the class P of problems solvable in polynomial time. The central problem is the P versus NP problem, one of the Clay institute's millenium problems of mathematics, and, according to Smale, one of the three greatest open problems of mathematics. The course offers an introduction to this problem and its surrounding theory. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Arora, Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009.<br>Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1995. |

| 6142 | Fortgeschrittene Komplexitätstheorie<br>Advanced Computational Complexity Theory | PN 472710 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Müller | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungen, Nachbereitung der Vorlesung, Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 120 hrs Exercises, independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Komplexitätstheorie oder Theoretische Informatik II<br>Computational Complexity Theory or Theoretical Computer Science II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students learn about advanced topics in computational complexity theory. In particular they learn various methods to prove lower bounds on circuit size. These include random restrictions and polynomial approximations. These broadly draw from | |

| | |
|---|---|
| | techniques from combinatorics, stochastics and algebra. |
| Inhalt<br>Course content | The course treats advanced topics in computational complexity theory, it focusses on circuit lower bounds: Hastad's exponential lower bound for bounded depth circuits via the random restriction method, Razborov-Smolensky's lower bound for such circuits with modulo counting gates via the approximation method, and Razborov's lower bound for monotone circuits. However, for general circuits not even superlinear lower bounds are known today for explicit functions, and circuit complexity has been dubbed "complexity theory's Waterloo"(Arora-Barak). Meta-analyses show that superpolynomial lower bounds are unreachable by the approximation method (Razborov) or so-called natural proofs (Razborov-Rudich). As an algorithmic application of hardness hard we treat pseudorandom generators and derandomization, in particular the Nisan-Wigderson generator.<br>The course is a continuation of Computational Complexity Theory. Knowledge of e.g. Theoretical Computer Science II is sufficient for a large part of the material, and students with this background are welcome. They are assisted in coping with eventual extra material. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Je nach Teilnehmerzahl mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minutes written exam or 30 minutes oral exam, depending on the number of participants. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Arora, Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009. |

| 6143 | Constraint Satisfaction Problems | PN 472720 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Gaysin | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungen, Nachbereitung der Vorlesung, Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 120 hrs Exercises, independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Komplexitätstheorie oder Theoretische Informatik II<br>Computational Complexity Theory or Theoretical Computer Science II | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students learn how to model computational problems as Constraint Satisfaction Problems. They learn general methods to design algorithms for their efficient solution or to discern theoretical reasons for their intractability. They learn tools from universal algebra underlying these techniques. | |

| | |
|---|---|
| Inhalt<br>Course content | A Constraint Satisfaction Problem (CSP) asks to decide whether there is an assignment to given variables, ranging over a certain domain, that satisfies a given set of constraints. Equivalently, this asks for a homomorphism between given structures. A famous example is the satisfiability problem for the Boolean domain (SAT).<br>The story of CSPs started 50 years ago, and during the last 25 years CSPs play a prominent role throughout computer science. On the one hand, they allow to model a wide variety of combinatorial problems (in mathematics, computer science, artificial intelligence...) in a natural and faithful way. On the other hand, they come together with general algorithmic techniques for their solution, or general reasons for their computational hardness. These techniques are based on universal algebra. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Mündliche Prüfung, ca. 30 Minuten.<br>Oral examination, ca. 30 minutes. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | - |

| 6145 | Fortgeschrittene Modelltheorie<br>Advanced Model Theory | PN 455470 |
|---|---|---|

| | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser, Müller |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser, Müller |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 +30 Std. Präsenz + 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 + 30 contact hours + 60 + 60 hrs independent study |
| ECTS<br>Credits | 6 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Mathematische Logik, Modelltheorie, Algebra<br>Mathematical Logic, Model Theory, Algebra |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Working knowledge of<br>• abstract properties of axiom systems to analyze their type spaces and the class of their models<br>• a general concept of dimension<br>• the theory of uncountably categorical theories<br>• applications to algebra |

| | |
|---|---|
| Inhalt<br>Course content | Vector spaces over a given field are determined (up to isomorphism) by their dimension. Similarly, algebraically closed fields with a given characteristic are determined by their transcendence degree. In particular, these theories have exactly one model in each uncountable cardinality. What do these theories have in common that explains this similar behavior? The course gives an introduction to stability theory. In particular, it introduces a general notion of dimension. The central goal of the course is to prove Morley's theorem: if a theory has exactly one model of some uncountable cardinality, then this holds for all uncountable cardinalities. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120-minütige Klausur doer mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben<br>120-minute written or 30-minute oral examination, the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | W. Hodges: A shorter model theory. Cambridge University Press, 1997.<br>D. Marker: Model Theory: An introduction. Springer, 2002. K.<br>Tent, M. Ziegler: A course in Model Theory. Cambridge University Press, 2002 |

| 6195 Integraltransformationen und Computertomographie<br>Integral Transforms and Computed Tomography | PN 482301 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sauer |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Sauer |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „ANAT“<br>Focus „ANAT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 9 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I+II, Lineare Algebra, Bildverarbeitung<br>Analysis I+II, Linear Algebra, Image Processing |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden erwerben Kenntnisse der mathematischen Grundlagen der Integraltransformationen und deren Anwendung in der Computertomographie. Sie kennen die wichtigsten Verfahren in Theorie und numerischer Umsetzung. |

| | |
|---|---|
| | —<br>The students acquire knowledge of the mathematical foundations of Integral Transforms and Computed Tomography. They know the most important algorithms in theory and numerical realization.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, die Argumente der Beweise nachzuvollziehen, und gegebenenfalls anwendungsbezogen weiterzuentwickeln und können auf der Basis dieses theoretischen Verständnisses numerische Verfahren entwickeln.<br>—<br>The students have the ability to follow the arguments of the proofs, to extend them in an application context and to develop numerical algorithms based on their understanding of the theory.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden besitzen die Kompetenz, komplexe mathematische Konzepte in einem Anwendungsgebiet praktisch umzusetzen.<br>—<br>The students have the competence to provide a practical realization of complex mathematical concepts in the context of an application. |
| Inhalt<br>Course content | The Fourier transform; The Radon Transform; Fundamentals of Signal Processing; Filtered Backprojection; Algebraic Reconstruction Techniques; Inverse Problems; Beamforms and Scan Geometries |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written or approximately 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Natterer, Computed Tomography<br>Helgason, Todd Quinto, Inverse Problems |

| 6200 | Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion<br>Camera Calibration and 3-D Reconstruction | PN 455395 |
|---|---|---|

| | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Jahr<br>Every year |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Hanning |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Hanning |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>30 contact hrs. + 60 hrs. lecture follow-up and exam preparation |
| ECTS<br>Credits | 3 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent<br>Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden kennen die Parameter des Lochkameramodells mit Verzeichnung und kennen Vorbedingungen und Verfahren diese aus Bilddaten zu bestimmen. Des Weiteren kennen sie die Grundaussagen zur 3D-Rekonstruktion aus Bildern |

| | |
|---|---|
| | von Laserlichtschnittsensoren, sowie aus mehreren Ansichten mit kalibrierten und unkalibrierten Kameras.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können die Parameter der Kameraabbildung bestimmen und 3D-Rekonstruktionsprobleme lösen.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden können Algorithmen zur Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion implementieren, bewerten und sind in der Lage die Genauigkeitsgrenzen abzuschätzen. |
| Inhalt<br>Course content | Die projektive Vervollständigung des $R^2$<br>Anwendung: Kalibrierung eines Laserlichtschnittsensors<br>Die projektive Vervollständigung des $C^2$ und $C^3$<br>Das Lochkameramodell mit Verzeichnungen<br>Projektive Formulierung des Lochkameramodell<br>Kamerakalibrierung<br>• Herleitung notwendiger Bedingungen aus der projektiven Formulierung des Lochkameramodells<br>• Fehlerfunktion des nicht-linearen Optimierungsproblems<br>3D-Rekonstruktion<br>• Monokulare 3D-Rekonstruktion<br>• Das Stereokameramodell<br>• Epipolarbedingungen<br>• 3D-Rekonstruktion aus Stereobilddaten |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer<br>Presentation and projector |
| Literatur<br>Reading list | Skript<br>Hartley, Zisserman, „Multiple View Geometry“ |

| 6201 | Proof Theory | PN 482203 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 + 30 Std. Präsenz, 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 + 30 contact hrs., 60 + 60 hrs. self-study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlegende Kenntnisse aus der Mathematischen Logik<br>Basic knowledge about mathematical logic | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | After the course the students are able to<br>• understand the formalization of mathematical proofs<br>• comprehend various proof systems | |
| Inhalt<br>Course content | The following topics will be covered:<br>• Proof systems<br>• Cut elimination<br>• Proof theory of arithmetic | |

| | |
|---|---|
| | • Second order logic |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Overhead, Beamer<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | A. Troelstra, H. Schwichtenberg: Basic Proof Theory. Cambridge University Press, 2000.<br>W. Pohlers: Proof Theory. Springer, 2009. |

| 6202 | Recursion Theory | PN 482202 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Kaiser | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Kaiser | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „MLDM“<br>Focus „MLDM“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 + 30 Std. Präsenz, 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 + 30 contact hrs., 60 + 60 hrs. self-study | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlegende Kenntnisse aus der Mathematischen Logik<br>Basic knowledge about mathematical logic | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | After the course the students are able to<br>• understand the mathematical formulation of Turing machines and algorithms<br>• comprehend the concepts of computability and decidability | |
| Inhalt<br>Course content | The following topics will be covered:<br>• Turing machines and algorithms | |

| | |
|---|---|
| | • Recursive functions and sets<br>• Turing computability and Turing degrees |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Overhead, Beamer<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | H. Hermes. Aufzählbarkeit, Entscheidbarkeit und Berechenbarkeit. Springer, 1978.<br>D. Cohen: Computability and Logic. Ellis Horwood Limited, 1987.<br>P. Odifreddi: Classical Recursion Theory. Elsevier, 1992. |

| 6206 | Data on the Web | PN 455417 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Scherzinger | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Nečaský | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Datenbanken und Informationssysteme, Algorithmen und Datenstrukturen, Web und Data Engineering<br>Databases and Information Systems, Algorithms and Data Structures, Web and Data Engineering | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>The students acquire a systematic understanding of publishing and sharing data on the web. They know basic and advanced models and formats for representing data on the web as know- | |

| | |
|---|---|
| | ledge graphs, the principles for achieving data interoperability through ontologies, and advanced technologies for querying the data.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students can identify, understand, and access/query data published on the web (REST, SPARQL). They can also publish their data in an interoperable way exploiting existing and designing their ontologies to describe the data. They can combine data from different data sources into a single knowledge graph and query it.<br>Kompetenzen / Competencies<br>The students have the competence to select appropriate technologies for publishing and consuming data on the web, design ontologies to describe the data, and design and execute queries (SPARQL) on top of the data. |
| Inhalt<br>Course content | This module focuses on the principles of sharing data on the web through REST and Linked Open Data APIs. It shows suitable data formats for publishing data on the web, explains the role of ontologies and data vocabularies in improving data interoperability, and presents how to consume data using the SPARQL query language. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Teil 1: Mind. 50% der Punkte aus kleinen praktischen Aufgaben aus den Übungen, z. B. die Arbeit mit einem speziellen System. Die Projektarbeit kann während der Übungen oder im Selbststudium zu Hause erbracht werden. Nicht Teil der Endnote.<br>Teil 2: Eine benotete 60minütige schriftliche Klausur, die die Terminologie und theoretischen Prinzipien prüft.<br>Die Punkte für die Endnote werden wie folgt berechnet:<br>Teil 1 wird als bestanden/unbestanden gewertet und muss bestanden werden. Teil 2 wird mit einer Note bewertet.<br><br>Part 1: At least 50% of points from small practical assignments from the labs, i.e., work with the particular systems. Can be done during the exercises or as homework. Not a part of the final grading.<br>Part 2: A graded 60-minute written examination of terminology and theoretical principles.<br>The points for the final grade are computed as follows:<br>Part 1 is pass/fail, and must be passed. Part 2 is graded. |
| Medienformen<br>Media used | Vorlesungen, Präsentation und Demonstrationen mit Projektor, Tafel, praktisches Seminar, ein Computerlabor mit einem Webbrowser auf jedem Computer, ein (virtueller) Server mit |

| | |
|---|---|
| | einem RDF-Datenbankserver (z. B. GraphDB Free), der von den Computern im Labor zugänglich ist<br>Lectures, presentation and demonstrations with a projector, blackboard, practical seminar, demonstrations with a projector, students work on exercises using their own laptops |
| Literatur<br>Reading list | Tom Heath and Christian Bizer. Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology, Morgan & Claypool. 2011<br>Bob DuCharme. Learning SPARQL: Querying and Updating with SPARQL 1.1. O'Reilly Media, Inc. 2013<br>Panos Alexopoulos. Semantic Modeling for Data. O'Reilly Media, Inc. 2020<br>Mayank Kejriwal, Craig A. Knoblock, Pedro Szekely. Knowledge Graphs (Adaptive Computation and Machine Learning series). MIT Press. 2021 |

| 6208 | Machine Learning Control and Optimization | PN 455398 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Wirth | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Wirth | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus area „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Std. Präsenz + 90+90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours + 90+90 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 9 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Optimierung *oder* Mathematik in Technischen Systemen I – III sowie Mathematische Systemtheorie<br>—<br>Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Ordinary Differential Equations, Optimization *or* Mathematics in Technical Systems I-III and Mathematical Systems Theory | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden verstehen die grundlegenden Prinzipien der | |

| | |
|---|---|
| | datenbasierten Regelung dynamischer Systeme. Dazu kennen sie Methoden zur Behandlung von Datensätzen und zur datenbasierten Identifikation dynamischer Systeme. Ferner verfügen sie über relevante Techniken der mathematischen Optimierung. Sie sind in der Lage stabilisierende, datenbasierte LQR-Regler zu entwerfen.<br>—<br>The participants are familiar with the fundamental concepts of data-based control. They know methods from data analysis and data-driven system identification of dynamical systems. They are able to apply relevant techniques from optimization. Also they can design stabilizing, data-based LQR controllers.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden beherrschen die Grundsätze der Datenkompression, sowie der Gruppierung von Daten. Sie sind in der Lage entsprechende Verfahren auf gegebene Datensätze anzuwenden. Zudem können die Studierenden unterschiedliche Verfahren zur Identifikation dynamischer Systeme auf gegebene Datensätze anwenden. Ebenso können sie Regelungsaufgaben datenbasiert formulieren und beherrschen wesentliche Ansätze für den datenbasierten Reglerentwurf.<br>—<br>The participants can analyze given data sets with respect to dimensionality reduction and clustering. They can apply different techniques for data-based system identification. They can design algorithms for these purposes. They are capable of formulating various data-driven control tasks and are able to design appropriate data-based controllers. |
| Inhalt<br>Course content | Datenkompression, Hauptkomponenten-Analyse, Gruppierung, Lloyd Algorithmus, Support-Vector Machines, Kern-Trick, Eigensystem-Realisierungsalgorithmus.<br>Beobachter-Kalman Filter Identifikation.<br>Zusammenhang zwischen Systemidentifikation und der Koopman Operatortheorie.<br>Datenbasierte Regelung, linear-quadratische optimale Steuerung, Dateninformativität, Semi-Definite Programme, stochastische Gradientenverfahren<br>—<br>Dimensionality reduction, principal component analysis, clustering, Lloyd's algorithm, support vector machines, kernel trick, eigensystem realization algorithm.<br>Connection between system identification and Koopman operator theory, observer-Kalman filter identification.<br>Data-driven linear-quadratic regulator problem, data informativity, semi-definite programming, stochastic gradient descent |

| | |
|---|---|
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br>90-minute written examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the beginning of the semester |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Beamer, Vorlesungsskript, Übungsblätter<br>Blackboard, projector presentation, lecture notes, exercise sheets |
| Literatur<br>Reading list | S.L. Burton, J.N. Kutz: Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems and Control, Cambridge University Press, 2019.<br>De Persis, C., Tesi, P.: Formulas for Data-Driven Control: Stabilization, Optimality and Robustness, IEEE Transactions on Automatic Control 65 (3): 909 – 924, 2020.<br>van Waarde, H., Eising, J., Trentelman, H., Camlibel, K.: Data Informativity: A New Perspective on Data-Driven Analysis and Control. IEEE Transactions on Automatic Control 65 (11): 4753 – 4768, 2020. |

| 6209 | Principles of Data Organisation | PN 472740 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Scherzinger | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Škoda | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus area „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Datenbanken und Informationssysteme<br>Undergraduate database course | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The aim of the course is to provide an overview of the basic principles of data organization. In the first part, students get acquainted with the basic methods of data storage and file organization types. We will also focus on data structures for efficient access to data, i.e. basic types of hashing and hierarchical indexing, including their use in traditional, primarily | |

| | |
|---|---|
| | relational database systems. In the last part, we will focus on more advanced principles of data organization in the context of spatial distributed databases. |
| Inhalt<br>Course content | Introduction, organisation of the course. Data storage, HDD, SSD, RAID<br>File organisation<br>Hashing in internal and external memory<br>Hierarchical indexing, B-trees<br>Spatial databases<br>Distributed databases |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Part 1:<br>30-minute, written single-choice assessment of terminology and theoretical principles<br>Part 2:<br>60-minute written examination, assessing practical problem-solving skills<br>The points for the final grade are computed as follows:<br>Part 1 is pass/fail, and must be passed.<br>Part 2 is graded. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Projektor<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke: Database management systems (3. ed.). McGraw-Hill 2003.<br>Ausgewählte Forschungsartikel / selected research articles. |

| 6210 | Semantic Data Integration | PN 473270 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Algergawy | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Algergawy | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus area „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Datenbanken und Informationssysteme, Algorithmen und Datenstrukturen, Web und Data Engineering<br>Databases and Information Systems, Algorithms and Data Structures, Web and Data Engineering | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>The students acquire a systematic understanding how to combine and integrate different data sources using a broad range of techniques for data integration. During the integration pro- | |

| | |
|---|---|
| | cess, the students will know basic and advanced models and formats for representing data, how to identify and discover data and semantic heterogeneities across different data sources, the principles for achieving data interoperability through ontologies, and advanced technologies for querying the data.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>The students can identify, understand, and access/query different data sources (conjunctive queries, XQuery, and SPARQL). They can also identify and discover different heterogeneities across data sources, how to resolve these kinds of heterogeneities through schema and ontology matching. They can combine data from different data sources into a mediated schema making use of discovered matches and query it.<br>Kompetenzen / Competencies<br>The students obtain the competency to select appropriate technologies for identifying and discovering data and semantic heterogeneities through schema and ontology matching, design ontologies to describe the data, and design and execute queries on top of the data. |
| Inhalt<br>Course content | This module focuses on the principles of data integration describing the importance of data integration in different applications and use cases. Different schemes of integration such virtual and physical data integration will be covered. The course will further focus on virtual and web data integration. Further topics covered are various aspects of data integration, such as data and semantic heterogeneities, schema and ontology matching, and the role of semantics and ontologies in improving data integration and data interoperability. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 90-minütige Klausur<br>90-minute written examination |
| Medienformen<br>Media used | Vorlesungen, Präsentation und Demonstrationen mit Projektor, Tafel, praktisches Seminar, Tool-Demonstrationen über Beamer, Studierende arbeiten an praktischen Übungen an ihren eigenen Geräten<br>Lectures, presentation and demonstrations with a projector, blackboard, practical seminar, demonstrations with a projector, students work on exercises using their own laptops |
| Literatur<br>Reading list | AnHai Doan, Alon Halevy, Zachary Ives: Principles of Data Integration. Morgan Kaufmann, 2012.<br>Barbella, Marcello, and Genoveffa Tortora. Ä Semi-automatic Data Integration Process of heterogeneous databases." Pattern Recognition Letters (2023).<br>Ulf Leser, Felix Naumann: Informationsintegration. Dpunkt |

| | |
|---|---|
| | Verlag, 2007.<br>Luna Dong, Divesh Srivastava: Big Data Integration. Morgan & Claypool, 2015.<br>Serge Abiteboul, et al: Web Data Management. Cambridge University Press, 2012.<br>Mountantonakis, Michalis, and Yannis Tzitzikas. "Large-scale semantic integration of linked data: A survey." ACM Computing Surveys (CSUR) 52.5 (2019): 1-40.<br>Jérôme Euzenat, Pavel Shvaiko: Ontology Matching. Springer, 2007.<br>Felix Naumann: An Introduction to Duplicate Detection. Morgan & Claypool, 2012. |

| 6211 | Management of Scientific Data | PN 472780 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Algergawy | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Algergawy | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus area „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Datenbanken und Informationssysteme, Algorithmen und Datenstrukturen, Web und Data Engineering<br>Databases and Information Systems, Algorithms and Data Structures, Web and Data Engineering | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>The students gain a systematic understanding of the main components of data lifecycle in research data management starting from research data planning to data archiving, inte- | |

| | |
|---|---|
| | gration and sharing. During the exploration of research data lifecycle, the students will know basic and advanced models and techniques to write a good research data plan, to well describe and organize scientific data using different and standard metadata, to examine scientific data to ensure data quality, and to select suitable stores for data preserving.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>By completing this course, students will get to know the whole range of procedures with regard to research data management, i.e. data planning, data collection, metadata management, data preservation, data sharing, re-usability and storage of data, enhancement of visibility and data analysis and synthesis issues.<br>Kompetenzen / Competencies<br>The students obtain the competency to select appropriate technologies to provide well organised, well documented, preserved and shared data that are invaluable to advance scientific inquiry and to increase opportunities for learning and innovation. |
| Inhalt<br>Course content | This module focuses on the main components of research data lifecycle, including the followings:<br>• Research data management, in general<br>• Data management plans<br>• Date description and metadata standard<br>• Data organization and data storing<br>• Data quality<br>• Data sharing and reuse<br>• Data integration and analysis<br>• FAIR data principles |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 60-minütige Klausur<br>60-minute written examination |
| Medienformen<br>Media used | Vorlesungen, Präsentation und Demonstrationen mit Projektor, Tafel, praktisches Seminar, Tool-Demonstrationen über Beamer, Studierende arbeiten an praktischen Übungen an ihren eigenen Geräten<br>Lectures, presentation and demonstrations with a projector, blackboard, practical seminar, demonstrations with a projector, students work on exercises using their own laptops |
| Literatur<br>Reading list | RDA: Research data alliance https://www.rd-alliance.org/<br>Pietro Pinoli, Stefano Ceri, Davide Martinenghi, Luca Nanni: Metadata management for scientific databases. Inf. Syst. 81: 1-20 (2019)<br>Managing Research Data to Unlock its Full Poten- |

| | |
|---|---|
| | tial : https://masterclasses.nature.com/managing-research-data/18320206<br>Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Sci Data 3, 160018 (2016). https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18<br>Research data Oxford: https://researchdata.ox.ac.uk/data-management-training<br>Cox, A. M., & Pinfield, S. (2014). Research data management and libraries: Current activities and future priorities. Journal of Librarianship and Information Science, 46(4), 299–316. https://doi.org/10.1177/0961000613492542 |

| 6212 | Modern Database Systems | PN 472770 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Scherzinger | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Hobulova | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Datenbanken und Informationssysteme<br>Databases and Information Systems | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The aim of the course is to provide and introduction to the approaches for efficient storing and querying of Big Data. The course will familiarize students with a wide range of related concepts and technologies and provide a deeper insight into new types of database systems. For each type of databases, basic principles and techniques as well as practical examples | |

| | |
|---|---|
| | will be introduced. In the labs, the students will put into operation different types of databases and test their functionality using small applications. |
| Inhalt<br>Course content | The following topics are covered:<br>• Relational data model, relational databases. Historical overview of alternative data models and database systems.<br>• Introduction to Big Data (history, features, data models).<br>• Basic principles of Big Data Management (CAP Theorem, distribution, scaling, replication, transactions in a distributed environment, ...).<br>• Overview and classification of database systems and technologies for efficient management and processing of Big Data.<br>• Distributed file systems.<br>• MapReduce - principle, properties, critique, alternative approaches.<br>• NoSQL databases (key / value, column, document).<br>• Graph data and graph databases.<br>• Data with multiple models. Multi-model databases. Polystores.<br>• SQL language in the world of Big Data. NewSQL database.<br>• Other types of modern databases (array databases, ...). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Teil 1: Mind. 50% der Punkte aus kleinen praktischen Aufgaben aus den Übungen, z. B. die Arbeit mit einem speziellen System. Die Projektarbeit kann während der Übungen oder im Selbststudium zu Hause erbracht werden. Nicht Teil der Endnote.<br>Teil 2: Eine benotete 60-minütige schriftliche Klausur, die die Terminologie und theoretische Prinzipien prüft.<br>Die Punkte für die Endnote werden wie folgt berechnet:<br>Teil 1 wird als bestanden/unbestanden gewertet, und muss bestanden werden.<br>Teil 2 wird mit einer Note bewertet.<br>Part 1: At least 50% of points from small practical assignments from the labs, i.e., work with the particular systems. Can be done during the practicals or as homework. Not a part of the final grading.<br>Part 2: A graded 60-minute written examination of terminology and theoretical principles.<br>The points for the final grade are computed as follows:<br>Part 1 is pass/fail, and must be passed. |

| | |
|---|---|
| | Part 2 is graded. |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Projektor<br>Blackboard, projector |
| Literatur<br>Reading list | Pramod J. Sadalage - Martin Fowler: NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence<br>Eric Redmond - Jim R. Wilson: Seven Databases in Seven Weeks: A Guide to Modern Databases and the NoSQL Movement<br>Sherif Sakr - Eric Pardede: Graph Data Management: Techniques and Applications<br>Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, Google, Inc.<br>Hadoop: The Definitive Guide, by Tom White, 2nd edition, Oreilly's, 2010<br>Carlyna Bondiombouy, Patrick Valduriez. Query Processing in Multistore Systems: an overview. [Research Report] RR-8890, INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée. 2016, pp.38. |

| 6215 | Online and Approximation Algorithms | PN 455480 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Harks | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Ghodselahi | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DSO“<br>Focus „DSO“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 6 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Erwerb von Kenntnissen über Online- und Approximationsprobleme sowie deren praktische Anwendung.<br>—<br>Acquire an understanding of online and approximation problems, along with their practical applications. | |

| | |
|---|---|
| | Fähigkeiten / Abilities<br>Verbessern Sie Ihre Fähigkeit, Online- und Approximationsprobleme zu identifizieren und zu lösen, indem Sie Techniken wie potentielle Funktionen, LP-Relaxierungen und randomisiertes Runden anwenden.<br>—<br>Enhance your ability to identify and solve online and approximation problems using techniques such as potential functions, LP relaxations, and randomized rounding.<br><br>Kompetenzen / Competencies<br>Entwicklung der Fähigkeit, Online- und Näherungsalgorithmen theoretisch zu analysieren, so dass keine Programmierung erforderlich ist.<br>—<br>Develop the competency to theoretically analyze online and approximation algorithms, eliminating the need for programming. |
| Inhalt<br>Course content | list access, cashing, randomized online algorithms, load balancing, scheduling, k-server problems, knapsack, set cover, matching, hitting set. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung<br>120-minute written examination or 30-minute oral examination |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation mit Tafel und Beamer<br>Presentation with a projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | A. Borodin und R. El-Yaniv. Online Computation and Competitive Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 1998<br>V. V. Vazirani. Approximation Algorithms. Springer Verlag, Berlin, 2001<br>A. Fiat, G. J. Woeginger. Online Algorithms: The State of the Art. Springer, 1998 |

| 6217 Stochastische Prozesse auf Graphen und Gruppen<br>Stochastic Processes on Graphs and Groups | PN 455490 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Müller-Gronbach |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Gilch |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „SS“<br>Focus „SS“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60+30 Std. Präsenz, 120+60 Std. Eigenarbeitszeit<br>60+30 contact hours, 120+60 hours independent study |
| ECTS<br>Credits | 9 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Lineare Algebra I, Analysis I, Einführung in die Stochastik<br>Linear Algebra I, Analysis I, Introduction to Stochastics |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik<br>Master Computer Science |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden erhalten eine Einführung in die mathematischen Grundlagen wichtiger stochastischer Prozesse. Die vorgestellten Zufallsprozesse werden insbesondere hinsichtlich auftretender Phänomene und ihres asymptotischen Verhaltens untersucht.<br>—<br>The students shall acquire the basic mathematical concepts of |

| | |
|---|---|
| | important classes of stochastic processes. Different phenomena of the presented random processes are discussed and the asymptotic behavior of these processes are studied. |
| Inhalt<br>Course content | In dieser Vorlesung werden die mathematischen Grundlagen einiger wichtiger stochastischer Prozesse behandelt:<br>• Perkolation auf Graphen (Existenz und Anzahl unendlicher Cluster)<br>• Galton-Watson Prozesse (Aussterbewarscheinlichkeiten)<br>• Entropie von stationären stochastischen Prozessen (Shannon-McMillan-Breiman Theorem)<br>• Irrfahrten auf Gruppen und deren asymptotische Eigenschaften (Geschwindigkeit, Entropie, Subadditiver Ergodensatz)<br>• Verzweigende Irrfahrten auf Cayley-Graphen<br>—<br>This lecture covers the mathematical foundations of some important stochastic processes, namely:<br>• Percolation on graphs (existence and number of infinite clusters)<br>• Galton-Watson processes (extinction probabilities)<br>• Entropy of stationary stochastic processes (Shannon-McMillan-Breiman theorem)<br>• Random walks on groups and their asymptotic properties (speed, entropy, subadditive ergodic theorem)<br>• Branching random walks on Cayley graphs |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 120 minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.<br><br>120 minute written or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. |
| Medienformen<br>Media used | Präsentation und Beamer, Tafel<br>Presentation and projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | T. Cover & J.Thomas: Elements of Information Theory, Wiley, 2019.<br>R. Durett: „Probability. Theory and Examples. (Fourth Edition)“, Cambridge University Press, 2010.<br>G. Grimmett: Percolation, Springer, 1999.<br>W. Woess: Random Walks on Graphs and Groups, Cambridge University Press, 2000.<br>W. Woess: Denumerable Markov Chains, European Math. Society, 2009. |

| 30900 | Financial Engineering and Structured Finance | PN 262200 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Entrop (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Entrop | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 45 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 45 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Introductory module in Finance; further (Bachelor) Finance modules are an advantage | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Business Administration, Master International Economics and Business | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students who have successfully completed the module,<br>• explain and interpret the theoretical principles of modern financial securities and in particular the valuation derivatives in depth. They characterize the economic principles as well as their possibilities and limitations. | |

| | |
|---|---|
| | • Identify and structure valuation problems and develop practical solutions.<br>• recognize and assess possible applications of different financial instruments and their risk structure.<br>• quickly transfer their knowledge to the valuation of innovative financial instruments.<br>• recognize and analyze a company as a complex system of contingent claims and, in particular, characterize the impact of specific capital structure measures on existing financing instruments. |
| Inhalt<br>Course content | • Equities: options (value limits, single and multi-period binomial trees, Black/Scholes, European and American derivatives)<br>• Equities: certificates and structured products (market overview, index certificates, reverse convertibles, discount certificates, quanto certificates, etc.)<br>• Fixed income: spot market and symmetric derivatives (yield curve estimation, swaps, forwards, futures)<br>• Fixed income: interest rate and bond options (caps, floors, Black model, yield curve models such as Vasicek and Cox/Ingersoll/Ross)<br>• Fixed-income: certificates and structured products (market overview, capped, floored, collared floaters, reverse and fixed-maxi floaters, callable step-up bonds, convertible bonds, coco bonds, etc.)<br>• Structural models (liability and equity positions as derivatives on corporate assets, complex capital structures, agency-conflicts between equity and debt providers, impact analysis of capital structure measures)<br>• Reduced form models<br>• Asset backed securities (ABS, CLOs etc), credit default swaps and other credit derivatives |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Interaktiver Frontalunterricht.Bearbeitung von Übungsaufgaben.<br>Interactive lecture. Excercises. |
| Literatur<br>Reading list | Hull, John C.: Options, Futures and other Derivatives, any newer edition. More literature is recommended in class. |

| 30902 | Quantitative Methods in Finance | PN 261070 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Gewöhnlich Jedes Semester<br>Usually every semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Entrop (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Entrop | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>30 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Ein Einführungsmodul in Finanzwesen wird empfohlen; weitere (Bachelor)Module im Bereich Finanzwesen sind von Vorteil. Fundierte Kenntnisse in Excel und Statistik sowie in einem Statistikprogramm sind hilfreich.<br>An introductory module in finance is recommended; further (bachelor's) finance modules are an advantage. A solid knowledge of Excel and statistics and of a statistics program is helpful. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Business Administration, Master International Economics and Business | |

| | |
|---|---|
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students who have successfully completed the module<br>• explain and interpret key quantitative methods that are very frequently used in finance and related fields to solve business management issues.<br>• assess the possibilities and limitations of the methods.<br>• apply the methods in a targeted manner using Stata and VBA.<br>• develop solution concepts based on the methods to answer complex business management questions. |
| Inhalt<br>Course content | • Einführung in die empirische Analyse von Finanzdaten<br>• Querschnitts-, Zeitreihen- und Panelregressionen in Stata<br>• Logit- und Probit-Regressionen in Stata<br>• Stata-Programmierung und -Automatisierung sowie erweiterte Befehle<br>• Numerische Methoden in VBA<br>• Bewertung von Derivaten mittels Simulation in VBA<br>—<br>• Introduction to empirical analysis of financial data<br>• Cross-sectional, time series and panel regressions in Stata<br>• Logit and probit regressions in Stata<br>• Stata programming and automation as well as advanced commands<br>• Numerical methods in VBA<br>• Valuation of derivatives using simulation in VBA |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Interaktiver Frontalunterricht.In der Übung werden direkt im Anschluss an die entsprechende Vorlesung die behandelten Konzepte an realen Datensätzen in Stata (1. Teil) oder realen Bewertungsfragestellungen in VBA (2. Teil) umgesetzt.<br>Interactive Lecture; in the exercise, the concepts covered in the corresponding lecture are implemented directly afterwards on real data sets in Stata (part 1) or in real valuation problems in VBA (part 2). |
| Literatur<br>Reading list | Skript wird in StudIP zur Verfügung gestellt.<br>Weiterführende Literaturhinweise in der Veranstaltung. |

| 30913 | Corporate Finance and Capital Markets | PN 262230 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Entrop (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Entrop | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 4V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>60 contact hours + 90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Einführungsmodul in Finance<br>Introductory module in Finance | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Weiter Finance Module von Vorteil<br>Accounting,Finance and Taxation, Basics /Advanced, Major Finance; Minor Finance | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Business Administration, Master International Economics and Business | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students who have successfully completed the module,<br>• identify and interpret in-depth methods of company valuation and characterize the possibilities and limitations of different methods. They apply these methods to specific problems,<br>• identify and interpret the influence of various value determinants on the share price performance of companies | |

| | |
|---|---|
| | and apply methods of external performance measurement,<br>• identify and interpret capital market-oriented methods for internal corporate management and capital allocation and characterize the possibilities and limitations of the methods,<br>• identify and interpret the theoretical foundations of optimal corporate risk policy and implement specific risk reduction decisions using the appropriate financial instruments. |
| Inhalt<br>Course content | • Fortgeschrittene Methoden der Unternehmensbewertung (APV-, Entity, Equity-Ansatz, autonome vs. wertorientierte Finanzierung, Renten- vs. 2-Phasen-Modell, Eigenkapitalkosten und Beta-Leverage, Kapitalstruktur, Steuern, Multiplikatorverfahren),<br>• Determinanten der Aktienkursperformance (Grundlegende Performancemaße, Mehrfaktorenmodelle, Size- und Value-Faktoren, weiterführende Faktoren wie Liquidität),<br>• risikoorientierte Steuerungskonzepte bei Unternehmen (RORAC, RAROC, optimale Kapitallokation bei verschiedenen Zielgrößen),<br>• optimale Risikopolitik und Hedging (Grundlagen, Fremdwährungsrisiken, Hedging von Währungsrisiken, Risikopolitik bei vollkommenen Märkten, Risikopolitik und optimale Kapitalstruktur, empirische Evidenz: Unternehmenswert und Risikopolitik bei Währungsrisiken)<br>—<br>• Advanced methods of company valuation (APV, entity, equity approach, autonomous vs. value-based financing, annuity vs. two-phase model, equity costs and beta leverage, capital structure, taxes, multiplier method),<br>• Determinants of stock price performance (basic performance measures, multifactor models, size and value factors, advanced factors such as liquidity),<br>• Risk-oriented corporate management concepts (RORAC, RAROC, optimal capital allocation for different target values),<br>• Optimal risk policy and hedging (basics, foreign currency risks, hedging of currency risks, risk policy for perfect and unperfect markets, risk policy and optimal capital structure, empirical evidence: company value and risk policy for currency risks) |

| | |
|---|---|
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Klausur am Ende des Semesters (Dauer 60 Minuten; 100% der Gesamtnote)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Interaktiver Frontalunterricht.Bearbeitung von Übungsaufgaben.<br>Interactive lecture. Excercises. |
| Literatur<br>Reading list | Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben. |

| 33860 | Marktforschung | PN 200514 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Totzek (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Totzek | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 90 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 contact hours + 90 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Kenntnisse in „Marketing“ und in Modulen des Gebiets Methoden (z.B. „Multivariate Verfahren“) sind von Vorteil. Grundkenntnisse der Statistik werden nachdrücklich empfohlen. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Business Administration, Master International Economics and Business | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden sollen am Ende der Veranstaltung für die Marketingforschung und -praxis zentrale fortgeschrittene Marktforschungsmethoden kennen, kritisch bewerten und anwenden können. Insbesondere sollen Studierende, die im Fach Marketing eine empirische Abschlussarbeit schreiben möch- | |

| | |
|---|---|
| | ten, fundierte Kenntnisse hierzu erlangen. Im einzelnen sollen Studierende:<br>• einen Überblick über den Prozess der Marktforschung haben und in der Lage sein, kritisch über die zentralen Problemstellungen auf den einzelnen Prozessstufen zu reflektieren.<br>• selbstständig eine Primär- oder Sekundärdatenerhebung planen und durchführen können.<br>• Hypothesen zur Struktur von Daten sowie Hypothesen zu linearen und komplexen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Variablen testen können.<br>• selbstständig einfache und fortgeschrittene multivariate Analyseverfahren anwenden können. |
| Inhalt<br>Course content | Das Modul behandelt insbesondere folgende Themen:<br>• Bedeutung der Marktforschung für Marketingentscheidungen<br>• Prozess der Marktforschung und Diskussion zentraler Problemstellungen<br>• Konzeption und Durchführung von Befragungen, Experimenten und Studien auf Grundlage von Sekundärdaten<br>• Grundlegende statistische Analyseverfahren<br>• Messmodelle<br>• Moderations- und Mediationseffekte<br>• Fortgeschrittene statistische Analyseverfahren |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Interaktiver Frontalunterricht. |
| Literatur<br>Reading list | Basisliteratur:<br>Herrmann, A., Homburg, Ch., Klarmann, M. (2008, Hrsg.), Handbuch Marktforschung, 3. Aufl., Wiesbaden.<br>Homburg, Ch. (2015), Marketingmanagement, 5. erw. Aufl., Wiesbaden.<br>Ausgewählte Aufsätze als Pflichtlektüre. Weitere Literaturhinweise werden zu Veranstaltungsbeginn gegeben. |

| 35550 | Topics in Applied Econometrics | PN 271030 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Gewöhnlich im Wintersemester<br>Usually every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Haupt / Schnurbus | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Empfohlen nach Mastervorlesungen zur Einführung in die Statistik/Ökonometrie.<br>Recommended after introductory master's courses in statistics/econometrics. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | A solid understanding of core concepts of econometric methods in the fields of modeling, hypothesis generation, estimation, test, model selection, simulation, computation, and general statistical inference. | |

| | |
|---|---|
| Inhalt<br>Course content | In this course we discuss important and recent contributions to econometric methodology, application to real and simulated data and software implementation. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, Diskussion von Vorlesungsinhalten, Moderierte Erarbeitung von Übungsinhalten und Fallstudien am PC<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Literature will be announced at the start of the semester. |

| 35610 | Paneldatenanalyse | PN 261080 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Sommersemester<br>Every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Haupt / Schnurbus | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch<br>German | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Die Kenntnis der Inhalte von „Methoden der Ökonometrie I“ oder eines äquivalenten Kurses wird empfohlen. Dies umfasst eine detaillierte Kenntnis des Multiplen linearen Regressionsmodells für Querschnitts- und Längsschnittsdaten (OLS-Schätzung, Tests sowie zugrundeliegende Annahmen, Projektionsmatrizen) sowie solide Kenntnisse im Umgang mit der Statistiksoftware R. Kenntnisse von Modellen für Zeitreihendaten<br>sind hilfreich, werden jedoch nicht vorausgesetzt. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik<br>Master Business Administration, Master International Econo- | |

| | |
|---|---|
| | mics and Business, Master Information Systems |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Ziel des Kurses ist, dass die Studierenden ein vertieftes Verständnis für die Anwendbarkeit verschiedener regressionsanalytischer Schätzverfahren im Paneldatenkontext erhalten. Das beinhaltet ein Verständnis für die Interpretation der Verfahren sowie die zugrundeliegenden Annahmen. |
| Inhalt<br>Course content | Zentraler Gegenstand ist die Schätzung von Regressionsmodellen für Paneldaten.<br>Hierbei werden neben grundlegenden Schätzverfahren unter anderem die Fixed-Effects- und Random-Effects-Schätzung behandelt. Des Weiteren werden Test- und Vorhersagenverfahren (Stichwort: Best linear unbiased prediction) für den Paneldatenkontext behandelt. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Tafel, die Theorie wird auch anhand von Beispielen in der Statistiksoftware R illustriert.<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | **Basisliteratur** (andere Auflagen dieser Bücher sind ebenfalls verwendbar):<br>Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5A., South-Western.<br>Stock, J.H. und M.W. Watson (2007), Introduction to Econometrics, 2A., Pearson.<br>Greene, W.H. (2012), Econometric Analysis, 7A., Pearson.<br>**Weiterführende Literatur:**<br>Baltagi, B.H. (2013), Econometric Analysis of Panel Data, 5A., Wiley.<br>Wooldridge, J. (2002), Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data, MIT Press.<br>Arellano, M. (2004), Panel Data Econometrics, Oxford University Press.<br>Angrist, J.D. und J.-S. Pischke (2009), Mostly Harmless Econometrics, Princeton University Press. |

| 35621 | Computational Statistics – Regression in R | PN 261170 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Gewöhnlich im Wintersemester<br>Usually every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester (block course) | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Haupt / Schnurbus | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>Engish | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>30 contact hours + 60 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 3 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlegende Statistikkenntnisse<br>The course aims at students with a basic knowledge in statistics and complements some of the topics treated in 'Methods in Econometrics I and II'. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik<br>Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Information Systems | |
| Angestrebte Lernergebnisse | The course aims at providing students with a basic understan- | |

| | |
|---|---|
| Learning outcomes | ding, which regression models to employ for certain types of variables and data structures. A further course objective is to enable students to choose between competing model specifications and to judge if a given model is (severely) misspecified. |
| Inhalt<br>Course content | The course focuses on estimating regression models and evaluating the estimated specifications with the statistical software R. Model evaluation procedures discussed in class range from graphical methods, classic validation techniques and tests to simulation-based approaches.<br>The effects of variables being measured on different scales and variable transformations are discussed. Dealing with different data structures such as cross-sections, time series, and panel data is also covered in class. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes)<br>R-skills are certified via a certificate when the final exam is passed. |
| Medienformen<br>Media used | Block course in pc pool |
| Literatur<br>Reading list | Kleiber, C. & Zeileis, A. (2008), Applied Econometrics with R, Springer<br>Field, A. & Miles, J. & Field, Z. (2012), Discovering Statistics using R, SAGE<br>Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5Ed., South Western<br>Greene, W.H. (2012), Econometric Analysis, 7Ed., Pearson<br>Ligges, U. (2008), Programmieren mit R, Springer |

| 35622 | Computational Statistics – Statistical Learning | PN 261001 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Gewöhnlich im Sommersemester<br>Usually every summer semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester (block course) | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Haupt / Schnurbus / Dorner (KIT) | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>Engish | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>30 contact hours + 60 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 3 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Grundlagen der Statistik und Regression sowie grundlegende Kenntnisse in R<br>Knowledge of statistics and regression methods on master level and basic knowledge of R (e.g. via 'Computational Statistics – Regression in R'). | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik<br>Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Information Systems | |

| | |
|---|---|
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The course aims at providing participants with a basic understanding of some of the core concepts and building blocks of Statistical Learning. An additional goal of the course is to equip students with a variety of techniques to analyze high dimensional, complex data sets by means of the freely available statistical software R and to judge the appropriateness of the respective procedures for different data constellations. |
| Inhalt<br>Course content | Statistical Learning sums up methods from computational statistics that are designed to deal with high dimensional, complex data sets. Various topics that facilitate modeling and gaining a deeper insight into high dimensional, complex data sets are introduced. Basic linear and nonlinear classification and regression techniques (e.g., lasso, trees, random forests, boosting, support vector machines) and their underlying principles are presented, applied, and discussed in class. Metaparameter selection, model evaluation, and specification choice in practical settings are also covered in the course. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes)<br>R-skills are certified via a certificate when the final exam is passed. |
| Medienformen<br>Media used | Block course in pc pool |
| Literatur<br>Reading list | Kuhn, M. & Johnson, K. (2013), Applied Predictive Modeling, Springer<br>Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2009), The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, 2Ed., Springer<br>Efron, B., Hastie, T. (2016), Computer Age Statistical Inference, Cambridge University Press<br>Torgo, L. (2017), Data Mining with R: Learning with Case Studies, 2Ed., CRC Press<br>James, G., Witten, D., Hastie, T & Tibshirani, R. (2015), An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R, Springer |

| 35777 | Methoden der Ökonometrie I<br>Econometric Methods | PN 261120 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Wintersemester<br>Every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester (i.d.R erste Semesterhälfte / usually during the first half of the semester) | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Haupt / Schnurbus | |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „S“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30+30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Dringend empfohlen werden Kenntnisse der Matrixalgebra (Linearen Algebra) und der induktiven Statistik, v.a. Regressions- und Testverfahren. | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Erlernen der Methoden und Interpretationsmöglichkeiten der (gewichteten) KQ Schätzung, u.a. OLS, (F)GLS, 2SLS, IV sowie von GMM und von empirisch relevanten Testverfahren. | |

| | |
|---|---|
| | Grundverständnis etablieren, wann komplexe(re) Schätz- und Testverfahren bei der Arbeit mit Querschnittsdaten einzusetzen sind. |
| Inhalt<br>Course content | Kurs ist Basis der Masterausbildung im Bereich der Regressions- und Testverfahren für Querschnittsdaten.<br>Themen sind u.a.:<br>• Kurze Wiederholung der Inhalte einer Einführung in die Ökonometrie.<br>• Tiefergehende Interpretationen der Kleinst-Quadrate (KQ) Methode und deren statistische Eigenschaften<br>• exakte versus asymptotische Methoden<br>• generalisierte KQ Verfahren<br>• Modellvalidierung- und -spezifikationsverfahren |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Klausur (60 Minuten)<br>Written examination (60 minutes) |
| Medienformen<br>Media used | Tafel<br>Die Theorie wird auch anhand von Beispielen in der Statistiksoftware R illustriert.<br>Blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Neben den in der Veranstaltung genannten Quellen u.a.<br>Hsiao, C., Bodkin, R.G. & M.D. Intriligator (1996), Econometric Models, Techniques, and Applications, 2A., Prentice-Hall<br>Davidson, R. & J.G. MacKinnon (2004), Econometric Theory and Methods, Oxford Univ. Press<br>Hansen, B. (2017), Econometrics, `http://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/`<br>Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5A., South-Western |

| 35780 | Advanced Data Analytics | PN 261004 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | In der Regel jedes Wintersemester<br>Usually every winter semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Haupt, Fritsch | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Fritsch | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „DADMP“<br>Focus „DADMP“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 60 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung<br>60 contact hours + 120 hours independent study | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Fundamentals of Business Analytics, understanding of regression methods and model evaluation (e. g., via Econometric Methods), basic knowledge of R statistical software | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The objective of the course is to provide participants with a sound understanding of some of the fundamental principles and methods in statistical learning/machine learning and enable the students to make decisions about the preferred modeling technique in empirical practice. Implementation, interpretation, and critical evaluation of state of the art models | |

| | |
|---|---|
| | from statistical learning/machine learning is facilitated using selected data sets in the statistical software R. |
| Inhalt<br>Course content | This course covers key state of the art techniques in statistical learning/machine learning. The emphasis of the course is on techniques from supervised learning (i. e., specific target variable) in the context of regression modeling. The treated materials include fundamental concepts (bias-variance trade-off, curse of dimensionality, flexibility vs. interpretability, resampling techniques), key building blocks (parametric polynomials, spline-regression, tree-based modeling), and frequently employed algorithms (lasso, backfitting, random forest, boosting). Prediction and inference are discussed. Selected applications are used to motivate the different algorithms. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | End-of-semester written exam, 60 min., or home performance assessment, 100%. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | In addition to the sources mentioned in the lecture, among others.<br>Efron, B., & T. Hastie (2016). Computer age statistical inference: Algorithms, evidence, and data science. New York: Cambridge University Press, https://doi.org/10.1017/CBO9781316576533<br>Hastie, T., R. Tibshirani, R. & J. Friedman (2009). The Elements of Statistical Learning. New York: Springer, https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7<br>James, G., Witten, D., Hastie, T., & R. Tibshirani (2013). An Introduction to Statistical Learning. New York: Springer, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7<br>Kuhn, M., & K. Johnson (2013). Applied predictive modeling. New York: Springer, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3 |

| 39734 Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning) | PN 266194 |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Notice: formerly „Advanced Topics in Management Science: Planing of Complex Interactive Systems"<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Otto (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Otto |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V + 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | Lecture 4 SWS (60 h attendance and 90 h own work)<br>Calculation basis: 15 weeks in a semester, including an examination week; each SWS corresponds to 60 minutes |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The main objective of the course is to impart insights into dynamic-programming-based approaches for complex nonlinear optimization problems (especially mixed-integer optimization problems), including online optimization, sequential decision making and stochastic optimization. Students will learn |

| | |
|---|---|
| | how to approach complexity by incorporating suitable approximation and simulation elements into the design of solution algorithms. The course facilitates critical appreciation of algorithms and algorithmic approaches, including neural networks and reinforcement learning. With help of numerical examples and case studies, the course will prepare students to apply the learned concepts in practice. |
| Inhalt<br>Course content | Dynamic programming (basic concepts, sequential decision making under uncertainty, understanding the curse of dimensionality, stochastic and deterministic shortest paths algorithms);<br>Basics of neural networks architectures and training;<br>Basics of simulation and stochastic iterative algorithms;<br>Basics on approximate DP with cost-to-go function approximation (reinforcement learning);<br>Case studies |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | a) Final exam 100% or<br>b) Final exam 90% + 10% for completing optional assignments during the semester (with reservations) |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Bertsekas, D. P., and Tsitsiklis, J. N. (1996). Neuro-Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachustetts.<br>Bertsekas, D. P. Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific: Massachustetts.<br>Bertsekas, D. P. Dynamic Programming and Optimal Control: Approximate Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachustetts.<br>Bertsekas, D. P. Abstract Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachustetts.<br>Powell, W. B. Approximate Dynamic Programming. John Wiley and Sons. |

| 39745 Practical Course: Advanced Topics in Management Science PN 266502 | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Otto (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Otto |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2Ü |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | Practical Course 2 SWS (30 h attendance and 120 h own work)<br>Calculation basis: 15 weeks in a semester, including an examination week; each SWS corresponds to 60 minutes |
| ECTS<br>Credits | 3 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | • Mathematical maturity and the ability to write down precise and rigorous arguments.<br>• Solid basic knowledge of modeling and optimization.<br>• Ability to understand and write a pseudocode.<br>• At least basic programming skills.<br>The topics of the practical course are always aligned with a master course of our Chair taught in the preceding term. Therefore, a successful completion of this course is required |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering |

| | |
|---|---|
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | The main objective of the course is to give students a holistic view of the problem analysis, modeling, algorithm design, its implementation, testing as well as into working out a final recommendation and managerial insights relevant for decision making. In the end of the course, the students should be able to independently design and implement appropriate optimization algorithms and appreciate critically their design and performance. |
| Inhalt<br>Course content | In this practical course, the participants will work in depth through a specific case study, design an appropriate solution procedure, implement it, critically evaluate their algorithm and test it in computational experiments. The course participants present their project in the final presentation.<br>Topics of the practical course are aligned with the master courses of our Chair and may center, for instance, around design of customized AI algorithms (reinforcement learning/approximate dynamic programming), heuristics/metaheuristics, exact optimization methods, or work with specialized optimization software (e.g., IBM ILOG Cplex, Gurobi). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Portfolio examination. The final grade may depend, for instance, on:<br>• The designed algorithm and its critical appreciation.<br>• The implementation of the algorithm.<br>• Computational experiments.<br>• Final presentation, recommendation and managerial insights.<br>The grading scheme is announced in the beginning of the course. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Recommended literature usually includes recent scientific articles as well as further scientific articles or books relevant for the studied topic. |

| 39746 | Sustainable Supply Chain Management | PN 265770 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Unregelmäßig<br>Irregular | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Otto (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems) | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Mohan | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „A“<br>Focus „A“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2V | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | Lecture 2 SWS (30 h attendance and 120 h own work)<br>Calculation basis: 15 weeks in a semester, including an examination week; each SWS corresponds to 60 minutes | |
| ECTS<br>Credits | 5 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering<br>Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Students will learn to assess and measure sustainability in supply chains using life cycle analysis. Further, they will learn to integrate these measures in supply chains. In particular they will learn about operational aspects of managing logistics, inventory, and facilities in a sustainable supply chain. The social dimension of sustainable supply chain will also be discussed. The course will cover theoretical foundations, practical appli- | |

| | |
|---|---|
| | cations, and emerging trends in these areas. |
| Inhalt<br>Course content | This course on Sustainable Supply Chain Management is designed for Master students to gain a comprehensive understanding of sustainability in supply chains After introducing the three pillars of sustainability: economic, environmental, and social, the course discusses how supply chains drive sustainability. The course focuses on building sustainable supply chains and discusses challenges in achieving the same. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Assignments and Mini projects to be done in groups.<br>The end term examination of two hours duration will test the student on topics that are covered in the course |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Recommended literature usually includes recent scientific articles as well as further scientific articles or books relevant for the studied topic. |

| 90595/90596 | FFA Aufbaustufenmodul 1<br>English Course 1 | PN 542001 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>**Hinweis:** Vorlesungsnummer wechselt je nach Semester<br>Every semester<br>**Notice:** Lecture number changes depending on the semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sprachenzentrum | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Lektor/Lektorin des Sprachenzentrums | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2 SWS/Sprachübung | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz, 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 contact hours and 60 hrs preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 3 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Sprachkenntnisse auf dem Niveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen<br>Language competency at level B1 | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Er/Sie versteht den wesentlichen Inhalt allgemeinsprachlicher und berufsbezogener Hörtexte mit Bezug zu Themen der Informatik, z.B. Reden, Vorträge und Vorlesungen.<br>Er/Sie kann sich mündlich zu einer Vielfalt fachlicher Themen | |

| | |
|---|---|
| | angemessen äußern und an entsprechenden Gesprächen aktiv beteiligen, wobei er/sie auch zu einem gewissen Grad komplexe Satzstrukturen und fachspezifisches Vokabular benutzt.<br>Kompetenzerwerb: Die Studierenden verbessern ihr Englisch durch Konversation, Diskussionen und weitere Sprachübungen über studien- und berufsspezifische Themen, z.B. die Rolle des Internets in China oder den Einsatz von IT-Technologien in Studium und Berufsleben. Fähigkeiten: Die Studierenden lernen, wie man eine gute Präsentation zusammenstellt und überzeugend vorträgt; durch Rollenspiele lernen sie, in wechselnden, auch interkulturellen Kontexten wirksam in der Fremdsprache zu kommunizieren, und durch die Arbeit mit Audio- und Videomaterialien erweitern sie ihr fachspezifisches Vokabular und verbessern ihr Hörverstehen. Kompetenzen: soziale, analytische, sprachlich-kommunikative und interkulturelle Kompetenz. |
| Inhalt<br>Course content | Jeder/e Studierende hält eine fachbezogene Präsentation vor seinen/ihren Kommilitonen zum Thema des Tages (Länge 15-20 Min.).<br>Jeder/e Studierende hält eine kleine Präsentation (Reportage) über neueste Entwicklungen im Bereich IT-/Computer-/MedienTechnologie (Länge 5-10 Min.).<br>Fachbezogene Themengebiete werden in Kleingruppen diskutiert, wobei sowohl der Dozent/die Dozentin als auch Studierende die Rolle eines Moderators einnehmen können.<br>Rollenspiele und Audio-/Videomaterialien werden eingesetzt, um das jeweilige Thema besser zu erklären und Diskussionen vorzubereiten und zu begleiten. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 45-minütige Klausur zum Hörverständnis und zur Sprechfertigkeit am Ende des Semesters<br>45-minutes examination (listening comprehension and oral exam) |
| Medienformen<br>Media used | Multimediaanwendungen, z.B. Internet, Video- und Audiomaterialien<br>Multimedia applications, e.g., internet, video and audio materials |
| Literatur<br>Reading list | - |

| 90596/90597 | FFA Aufbaustufenmodul 2<br>English Course 2 | PN 448100 |
|---|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>**Hinweis:** Vorlesungsnummer wechselt je nach Semester<br>Every semester<br>**Notice:** Lecture number changes depending on the semester | |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester | |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Sprachenzentrum | |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Lektor/Lektorin des Sprachenzentrums | |
| Sprache<br>Language of instruction | Englisch<br>English | |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ | |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2 SWS/Sprachübung | |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz, 60 Std. Eigenarbeitszeit<br>30 contact hours and 60 hrs preparation and follow-up | |
| ECTS<br>Credits | 3 | |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Sprachkenntnisse auf dem Niveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen<br>Language competency at level B1 | |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - | |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Er/Sie versteht den wesentlichen Inhalt allgemeinsprachlicher und berufsbezogener Hörtexte mit Bezug zu Themen der Informatik, z.B. Reden, Vorträge und Vorlesungen.<br>Er/Sie kann sich mündlich zu einer Vielfalt fachlicher Themen | |

| | |
|---|---|
| | angemessen äußern und an entsprechenden Gesprächen aktiv beteiligen, wobei er/sie auch zu einem gewissen Grad komplexe Satzstrukturen und fachspezifisches Vokabular benutzt.<br>Kompetenzerwerb: Die Studierenden verbessern ihr Englisch durch Konversation, Diskussionen und weitere Sprachübungen über studien- und berufsspezifische Themen, z.B. die Rolle des Internets in China oder den Einsatz von IT-Technologien in Studium und Berufsleben.<br>Fähigkeiten: Die Studierenden lernen, wie man eine gute Präsentation zusammenstellt und überzeugend vorträgt; durch Rollenspiele lernen sie, in wechselnden, auch interkulturellen Kontexten wirksam in der Fremdsprache zu kommunizieren, und durch die Arbeit mit Audio- und Videomaterialien erweitern sie ihr fachspezifisches Vokabular und verbessern ihr Hörverstehen.<br>Kompetenzen: soziale, analytische, sprachlich-kommunikative und interkulturelle Kompetenz. |
| Inhalt<br>Course content | Jeder/e Studierende hält eine fachbezogene Präsentation vor seinen/ihren Kommilitonen zum Thema des Tages (Länge 15-20 Min.).<br>Jeder/e Studierende hält eine kleine Präsentation (Reportage) über neueste Entwicklungen im Bereich IT-/Computer-/Medien- Technologie (Länge 5-10 Min.).<br>Fachbezogene Themengebiete werden in Kleingruppen diskutiert, wobei der Dozent/die Dozentin/die Dozentin als auch Studierende die Rolle eines Moderators einnehmen können.<br>Rollenspiele und Audio-/Videomaterialien werden eingesetzt, um das jeweilige Thema besser zu erklären und Diskussionen vorzubereiten und zu begleiten. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | 45-minütige Klausur zum Hörverständnis und zur Sprechfertigkeit am Ende des Semesters und mündliche Gruppenprüfung mit insgesamt max. 3 Kandidaten bzw. Kandidatinnen (ca. 15. Min. je Kandidat bzw. Kandidatin)<br>45-minutes examination (listening comprehension and oral exam) |
| Medienformen<br>Media used | Multimediaanwendungen, z.B. Internet, Video- und Audiomaterialien<br>Multimedia applications, e.g., internet, video and audio materials |
| Literatur<br>Reading list | - |

| **Seminar in AGC** | **PN 482110** |
|---|---|
| **Seminar in MLDM** | **PN 482210** |
| **Seminar in ANAT** | **PN 482310** |
| **Seminar in DSO** | **PN 482410** |
| **Seminar in SS** | **PN 482510** |

| | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Alle Dozierende der Mathematik<br>All lecturers of mathematics |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Alle Dozierende der jeweiligen Modulgruppe<br>All lecturers of the focus area |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch in Absprache mit dem/der Dozierenden<br>German or English in consultation with the respective lecturer |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Seminar in AGC: Modulgruppe „ AGC“ / focus “AGC“<br>Seminar in MLDM: Modulgruppe „MLDM“ / focus “MLDM“<br>Seminar in ANAT: Modulgruppe „ANAT“ / focus “ANAT“<br>Seminar in DSO: Modulgruppe „DSO“ / focus “DSO“<br>Seminar in SS: Modulgruppe „SS“ / focus “SS“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2S<br>Geeignete Seminare werden zu Beginn des Semesters durch Aushang sowie auf der Webseite der Fakultät bekannt gegeben<br>—<br>Suitable seminars will be announced at the beginning of the semester on the noticeboard and on the faculty website |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbereitung<br>30 contact hours + 120 hrs preparation and follow-up |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Werden vom jeweiligen Dozierenden bekanntgegeben<br>Will be announced by the respective instructors |

| | |
|---|---|
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden lernen, sich selbständig in das gestellte Seminarthema einzuarbeiten, es fachlich für einen Vortrag aufzubereiten und zu präsentieren.<br>Kompetenzen: Selbständige Einarbeitung in ein Thema, schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz<br>—<br>The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture.<br>Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence |
| Inhalt<br>Course content | Erarbeitung des gestellten Themas aus dem jeweiligen Schwerpunkt anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation<br>—<br>Elaboration of the set topic (in the respective focus area) based on scientific literature, and its presentation |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Bewertung der schriftlichen Ausarbeitung (max. 10 Seiten) und deren Präsentation (ca. 45 bis 90 Minuten). Dabei wird jeweils die mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz bzw. die schriftliche Erörterungskompetenz sowie jeweils die fachliche Durchdringung des Themas geprüft; für beide Leistungen wird eine gemeinsame Note vergeben. Die genaue Dauer der Präsentation wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.<br>Evaluation of written work (up to 10 pages) and presentation (approx. 45 up to 90 minutes). In each case, the oral expression and presentation skills or written discussion skills will be considered; one mark is jointly awarded for both. The precise requirements on written and oral presentation will be announced at the beginning of the class. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben<br>Will be announced by the lecturer |

| **Seminar 1 zu Mathematik** | **PN 481001** |
|---|---|
| **Seminar 2 zu Mathematik** | **PN 481002** |

| | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Alle Dozierende der Mathematik<br>All lecturers of mathematics |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Alle Dozierende der Mathematik<br>All lecturers of mathematics |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch in Absprache mit dem/der Dozierenden<br>German or English in consultation with the respective lecturer |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Pflichtmodul<br>Compulsory module |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | 2S<br>Geeignete Seminare werden zu Beginn des Semesters durch Aushang sowie auf der Webseite der Fakultät bekannt gegeben<br>—<br>Suitable seminars will be announced at the beginning of the semester on the noticeboard and on the faculty website |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 30 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbereitung<br>30 contact hours + 120 hrs preparation and follow-up |
| ECTS<br>Credits | 5 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Werden vom jeweiligen Dozierenden bekanntgegeben<br>Will be announced by the respective instructors |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Die Studierenden lernen, sich selbständig in das gestellte Seminarthema einzuarbeiten, es fachlich für einen Vortrag auf- |

| | |
|---|---|
| | zubereiten und zu präsentieren.<br>Kompetenzen: Selbständige Einarbeitung in ein Thema, schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz<br>—<br>The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture.<br>Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence |
| Inhalt<br>Course content | Erarbeitung des gestellten Themas aus dem jeweiligen Schwerpunkt anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation<br>—<br>Elaboration of the set topic (in the respective focus area) based on scientific literature, and its presentation |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Bewertung der schriftlichen Ausarbeitung (max. 10 Seiten) und deren Präsentation (ca. 45 bis 90 Minuten). Dabei wird jeweils die mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz bzw. die schriftliche Erörterungskompetenz sowie jeweils die fachliche Durchdringung des Themas geprüft; für beide Leistungen wird eine gemeinsame Note vergeben. Die genaue Dauer der Präsentation wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.<br>Evaluation of written work (up to 10 pages) and presentation (approx. 45 up to 90 minutes). In each case, the oral expression and presentation skills or written discussion skills will be considered; one mark is jointly awarded for both. The precise requirements on written and oral presentation will be announced at the beginning of the class. |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben<br>Will be announced by the lecturer |

| **Praktikum**<br>**Internship** | **PN 407680** |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Alle Dozierende<br>All lecturers |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Alle Dozierende<br>All lecturers |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Modulgruppe „KCLT“<br>Focus „KCLT“ |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | Praktikum<br>Internship |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | Mindestens 6 Wochen in Vollzeit (40h/Woche) = 240 Stunden, davon mindestens 50% (120 Stunden) studiumsrelevante Inhalte<br>At least 6 weeks full-time (40 hours/week) = 240 hours, with a minimum of 50% of duties directly related to the degree subject |
| ECTS<br>Credits | 4 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Keine<br>None |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Keine<br>None |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Die Studierenden lernen unter der wissenschaftlichen Betreuung durch einen Hochschullehrer oder eine Hochschullehrerin |

| | |
|---|---|
| | den beruflichen Alltag in einem typischen Berufsfeld ihres Studienfachs kennen und erwerben Kenntnisse über die Tätigkeiten und Anforderungen. Darüber hinaus sollen auch betriebliche Zusammenhänge und Aspekte von Mitarbeiterführung und Management kennen gelernt werden.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Die Studierenden können im beruflichen Umfeld die im Studium erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen anwenden.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Die Studierenden erwerben die Kompetenz, im beruflichen Umfeld zielgerichtet und im Team tätig zu sein. Sie kennen den Unterschied zwischen Studium und Praxis. |
| Inhalt<br>Course content | Eine Praktikumstätigkeit in einem Wirtschaftsunternehmen, einer außeruniversitären, öffentlichen Verwaltungseinrichtung oder einer gemeinnützigen Organisation, die in einem engen Bezug zum späteren Berufsfeld und den Tätigkeitsanforderungen für Absolventen des Studiengangs steht.<br>Das Praktikum wird gemäß den folgenden Richtlinien durchgeführt:<br>• Das Praktikum umfasst mindestens 240 Stunden (= mind. 6 Wochen in Vollzeitarbeit), längere Praktika sind möglich, die Mehrzeit wird aber nicht als Studienleistung angerechnet.<br>• Für Praktika eignen sich alle Betriebe und Einrichtungen im Bereich zukünftiger Berufsfelder für Absolventen des jeweiligen Studiengangs, sowie Tätigkeiten, bei denen die Anwendung von im Studium zu erwerbenden Kompetenzen auf Hochschulniveau nötig ist. Grundsätzlich nicht anerkannt werden Praktika, bei denen Tätigkeiten ausgeübt wurden, in denen Kompetenzen des Studiengangs keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt, etwa reine Büro- oder Verwaltungstätigkeiten.<br>• Das Praktikum wird von einem Hochschullehrer oder einer Hochschullehrerin des entsprechenden Fachbereichs wissenschaftlich betreut, der als Prüfer oder die als Prüferin im Studiengang bestellt ist.<br>• Die Studierenden suchen für sie geeignete Praktika und beteiligen sich an der Organisation des Praktikums. Der betreuende Hochschullehrer oder die betreuende Hochschullehrerin kann die Studierenden bei der Suche unterstützen und berät gegebenenfalls die Studierenden fachlich während der Durchführung des Praktikums.<br>• Ein Praktikum kann entweder in einem Block oder in mehreren Abschnitten durchgeführt werden. Jeder Ab- |

schnitt des Praktikums ist dem oder der Modulverantwortlichen zur Kenntnis zu bringen. Die Information des oder der Modulverantwortlichen soll rechtzeitig schriftlich unter Angabe des Betreuers oder der Betreuerin, des Betriebs sowie der Art und Dauer der vorgesehenen Tätigkeit erfolgen.

Spätestens zwei Monate nach Abschluss des Praktikums sind dem betreuenden Hochschullehrer oder der betreuenden Hochschullehrerin qualifizierende Zeugnisse über die Tätigkeit und ein Praktikumsbericht vorzulegen. Der betreuende Hochschullehrer oder die betreuende Hochschullehrerin beurteilt unter Verwendung dieser Unterlagen und eines Prüfungsgesprächs die erfolgreiche Durchführung des Praktikums.

—

Organisational guidelines for acceptance, supervision and approval of internships:

Students must follow these guidelines if they wish to complete an internship at a business enterprise or external public-sector administrative body to be credited as a compulsory elective module. To be eligible, these internships must be within a professional field closely related to the study programme and require a skill set that closely matches the profiles of graduates in computer science or mathematics.

The internship must be project-based; general student employment (called 'Werkstudententätigkeit') or past completed internships without scholarly supervision cannot be credited. Before the beginning of the internship, a professor involved in the study programme has to determine the (potential) adequacy of the internship and agree to assume supervision responsibilities. Therefore, the student has to provide documents signed by representatives of the company or organisation, which must include the following:

- company/organisation name and address
- starting date and end date of the internship
- confirmation of supervision by the company and the name and contact details of the local supervisor (including e-mail address and telephone number)
- description of the internship, including:
  - description of duties, i.e. a detailed, step-by-step description of your work and envisaged outcomes ('milestones')
  - detailed timetable for the project
  - specifications of the objectives (i.e. 'what should be achieved?')
  - this must be signed by the company/local super-

| | |
|---|---|
| | visor<br>The professor checks the documents and decides if the internship is potentially adequate and may require that modifications be made to the internship description. If he/she determines the adequacy of the internship, he/she will send a letter confirming supervision.<br>During the internship, the student is obligated to submit regular progress reports.<br>After the internship:<br>• The student provides all the documents which are stated in the module description, especially the recognition form, to the professor after the end of the internship. In particular, the final internship report must be signed by the company/local supervisor.<br>• A date for a final oral examination will be set if all required documents are complete.<br>– After the oral examination (which will last approx. 20 minutes) a copy of the form, the final internship report, a qualifying certificate about the internship issued by the company, and the minutes (i.e. written record) of the oral examination will be sent to the Dean of Studies and to the module convenor.<br>– All original documents should be submitted to the Examinations Office ('Prüfungssekretariat'). |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Praktikumsbericht und Prüfungsgespräch (ca. 20 min), **unbenotet**<br>Internship report and oral examination (approx. 20 minutes), **ungraded** |
| Medienformen<br>Media used | - |
| Literatur<br>Reading list | Formular zum Antrag auf Anerkennung / acceptance form<br>Organisatorische Richtlinien für die Annahme, Betreuung und Abnahme von Praktika / Organisational guidelines |

| **Präsentation der Masterarbeit** **Presentation of the Master's Thesis** | **PN 488999** |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Alle Dozierende der Mathematik<br>All lecturers of mathematics |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Alle Dozierende des Studiengangs<br>All lecturers of the programme |
| Sprache<br>Language of instruction | Deutsch oder Englisch<br>German or English |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Pflichtmodul<br>Compulsory module |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | - |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | 90 Std. Vortragserstellung und Prüfungsvorbereitung sowie Abhaltung des Vortrags<br>90 hrs creating a presentation and exam preparation (+contact hours) |
| ECTS<br>Credits | 3 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per the study and examination regulations | Abgabe der Masterarbeit (FStuPO §4 Abs. 2 Satz 2)<br>The master's thesis has to be submitted |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | - |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Fähigkeit der/des Studierenden die Ergebnisse der Arbeit kurz und verständlich zusammenzufassen und in einer fachlichen Diskussion zu vertreten<br>—<br>Ability of the student to present the results of his or her thesis |

| | |
|---|---|
| | in a short and comprehensible way and to discuss the results in a professional way |
| Inhalt<br>Course content | Darstellung der in der Arbeit erworbenen Erkenntnisse sowie kurze Diskussion<br>—<br>Presentation of the results of his or her thesis and a short discussion |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Präsentation (45 bis 90 Minuten); die genaue Prüfungsdauer wird vom Prüfer bzw. der Prüferin vorher bekannt gegeben.<br>Presentation (approx. 45 up to 90 minutes); the precise mode of assessment will be announced by the examiner beforehand. |
| Medienformen<br>Media used | Beamer, Tafel, Overheadprojektor<br>Projector, blackboard |
| Literatur<br>Reading list | Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben<br>Will be announced by the lecturer |

| **Masterarbeit Mathematik** **PN 489900**<br>**Master's Thesis in Mathematics** | |
|---|---|
| Häufigkeit des Modulangebots<br>Frequency of course offering | Jedes Semester<br>Every semester |
| Moduldauer<br>Module duration | 1 Semester |
| Modulverantwortliche(r)<br>Module convenor | Alle Dozierende der Mathematik<br>All lecturers of mathematics |
| Dozent(in)<br>Lecturer | Erstbetreuer der Masterarbeit (durch den Prüfungsausschuss bestellte Prüfer) gemäß §21(2) AStuPO, mit begründetem Antrag und nach Genehmigung durch den Prüfungsausschuss ggf. gemäß §21(3) AStuPO<br>(First) supervisor of the master's thesis (an examiner appointed by the board of examiners) as per § 21 para. 2 AStuPO, or (if appropriate) by submitting a reasoned request and after approval by the board of examiners as per § 21 para. 3 AStuPO |
| Sprache<br>Language of instruction | Die Masterarbeit ist in deutscher oder englischer Sprache abzufassen. Auf Antrag gemäß §21(5) AStuPO auch in einer anderen Sprache.<br>The master's thesis shall be written in German or English. By request as per § 21 para. 5 AStuPO also in another language. |
| Zuordnung zum Curriculum<br>Curriculum | Pflichtmodul<br>Compulsory module |
| Lehrform/SWS<br>Contact hours | Eigenständige Bearbeitung eines komplexen Themas und Erstellung einer wissenschaftlichen Ausarbeitung<br>The goal is to research a complex topic and to write a scientific work |
| Arbeitsaufwand<br>Workload | Präsenzzeit (Besprechung/Diskussion des Fortschritts): 15h, Vor- und Nachbereitung, Anfertigung der Ausarbeitung: 795h Summe: 810h<br>Contact hours (meetings/discussions on progress): 15 hrs, independent study and writing the master's thesis: 795 hrs<br>In sum: 810 hrs |
| ECTS<br>Credits | 27 |
| Voraussetzungen nach Prüfungsordnung<br>Required prerequisites as per | Gemäß §20 (1) AStuPO<br>As per § 20 (1) AStuPO |

| | |
|---|---|
| the study and examination regulations | |
| Empfohlene Vorkenntnisse<br>Recommended skills | Die Veranstaltungen im Master–Studiengang bis einschließlich dem dritten Semester.<br>All courses of the master programme up to the third semester. |
| Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen<br>Applicability for other courses | - |
| Angestrebte Lernergebnisse<br>Learning outcomes | Kenntnisse / Skills/Knowledge<br>Selbstständiges Einarbeiten und wissenschaftlich methodische Bearbeitung eines für die Mathematik relevanten Themas. Die Studierenden verwenden etablierte Methoden oder passen bestehende Ansätze an, während sie sich an die Standards der akademischen Arbeit halten. Sie haben die Möglichkeit, ihre eigenen Ideen zu entwickeln, zu verfeinern und zu formulieren und kritisch mit der Literatur zu arbeiten.<br>—<br>The students learn how to independently acquire a research topic and to work on a relevant topic in mathematics scientifically based and methodically sound. The students use established methods or adapt existing approaches while adhering to academic standards. They have the opportunity to develop, to refine and to formulate their own ideas and to take a critical review of the state of the art.<br>Fähigkeiten / Abilities<br>Der bzw. die Studierende kann die wissenschaftlichen Methoden der Themenschwerpunkte des Studiengangs und die grundlegenden Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens, insb. der Literaturrecherche, anwenden, um ein vorgegebenes Thema eigenständig zu bearbeiten.<br>—<br>The students are able to use the scientific methods of the focus areas of the programme and to use the basic techniques of scientific research, in particular, literature review, to work independently on a given subject.<br>Kompetenzen / Competencies<br>Der bzw. die Studierende besitzt die Kompetenz, dass er oder sie in der Lage ist, ein Problem aus den Themenschwerpunkten des Studiengangs innerhalb einer vorgegebenen Frist selbständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten, erfolgreich zu lösen, und die Ergebnisse wissenschaftlich adäquat schriftlich darzustellen und zu bewerten.<br>— |

| | |
|---|---|
| | The students will acquire the competence to work independently on a problem from the focus areas of the programme within a specified timeframe using scientific methods, to solve this problem successfully and to write down and evaluate the results in a adequate scientific way. |
| Inhalt<br>Course content | Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben. Die Inhalte werden in Abhängigkeit von der konkreten Themenstellung ausgewählt und bekanntgegeben.<br>—<br>Will be announced by the lecturer. The contents are selected and announced dependent on the specific topic. |
| Studien-/Prüfungsleistungen<br>Assessment | Schriftliche Ausarbeitung, ggf. inkl. der verwendeten Quellen (wissenschaftliche Arbeiten, Programm-Bibliotheken, etc.), sowie ggf. dokumentierter und funktionsfähiger Quelltext inkl. aller zur Bewertung notwendigen Informationen, sowie ggf. einer Systemdemonstration<br>Written thesis, possibly accompanied by the sources used (research articles, program libraries etc.) and, if appropriate, documented and fully functional and executable source code including all informations which are necessary for the evaluation and, if appropriate, a system demonstration |
| Medienformen<br>Media used | Abhängig von der konkreten Themenstellung<br>Dependent on the specific topic |
| Literatur<br>Reading list | Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben.<br>Will be announced by the lecturer. A reading list will be selected and announced dependent on the specific assignment. |