

Modulkatalog M.Sc. Mathematics

Module Descriptions M.Sc. Mathematics



Inklusive der Beschlüsse des Prüfungsausschusses der Fakultät für Informatik und Mathematik der Universität Passau am 21. Juli 2026

Contains all decisions of the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics of the University of Passau taken up to 21 July 2026

Stand: 30. September 2026

Last revised: September 30, 2026

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	Module 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 „Mathematics“ / Overview of the course program

Module Group “Algebra and Discrete Structure“(ADS)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Algebraic Combinatorics	xxxxxx	2V+2Ü	6	Petr	English
Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs	455414	2V+2Ü	6	Rutter	English
Algorithms for Graph Visualization	455352	2V+1Ü	5	Rutter	English/ German
Algorithms under Uncertainty	471980	2V+2Ü	6	Sudholt	English
Coding Theory	463030	3V+2Ü	7	Kreuzer	English/ German
Combinatorial Number Theory	455560	4V+2Ü	9	Glock	English
Commutative Algebra	455387	2V+2Ü	6	Kreuzer	English
Computer Algebra	455358	4V+2Ü	9	Kreuzer, Sauer	English/ German
Cryptanalysis	482102	4V+2Ü	9	Zumbrägel	English
Cryptography	401816	4V+2Ü	9	Kreuzer, Zumbrägel	English/ German
Efficient Algorithms	455366	3V+2Ü	7	Rutter	English/ German
Elliptic Curves	422120	4V+2Ü	9	Zumbrägel	English
Extremal Combinatorics	482213	2V+2Ü	6	Glock	English
Information Theory	455440	4V+2Ü	9	Zumbrägel	English
Parameterized Algorithms	455413	2V+2Ü	6	Rutter	English/ German
Random Graphs	422140	2V+2Ü	6	Glock	English
Randomised Algorithms	455388	3V+2Ü	7	Sudholt	English/ German
Real Algebra	482103	4V+2Ü	9	Kaiser	English/ German
Rings and Modules	455364	4V+2Ü	9	Zumbrägel	English
Theory of Evolutionary Computation	455399	3V+2Ü	7	Sudholt	English/ German
Topology II	422180	2V+2Ü	6	Epperlein	English
Research Seminar for the Module Group “Algebra and Discrete Structures“	xxxxxx	2S	5	All lecturers	English/ German

Module Group “Logic and Geometry“(LG)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Advanced Computational Complexity Theory	472710	2V+2Ü	6	Müller	English
Advanced Model Theory	455470	2V+2Ü	6	Kaiser, Müller	English
Computational Algebraic Geometry	405154	4V+2Ü	9	Kreuzer	English
Computational Complexity Theory	482211	4V+2Ü	9	Müller	English
Computational Geometry	405125	2V+2Ü	6	Harks	English
Constraint Satisfaction Problems	472720	2V+2Ü	6	Müller	English
Mathematical Logic	455362	4V+2Ü	9	Kaiser, Müller	English
Model Theory	482201	4V+2Ü	9	Kaiser, Müller	English
Proof Theory	482203	2V+2Ü	6	Kaiser	English
Real Algebraic Geometry	482104	4V+2Ü	9	Kaiser	English
Recursion Theory	482202	2V+2Ü	6	Kaiser	English
Research Seminar for the Module Group “Logic and Geometry“	xxxxxx	2S	5	All lecturers	English/ German

Module Group “Applied Analysis and Optimization“(AAO)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Advanced Imaging	454020	2V+2Ü	6	Sauer	English
Asymptotic Geometric Analysis and Applications	485368	2V+1Ü	5	Prochno	English/ German
Computational Game Theory	472690	4V+2Ü	9	Harks	English
Continued Fractions	456354	4V+2Ü	9	Sauer	English
Constructive Approximation	405244	4V+2Ü	9	Sauer	English
Distributed Algorithms	422150	2V+2Ü	6	Harks	English
Dynamic Network Flows	422160	2V+2Ü	6	Harks	English
Dynamical Systems	482402	4V+2Ü	9	Wirth	English/ German
Fourier and Laplace Transforms	451405	4V+2Ü	9	Forster-Heinlein	English
Geometric Modeling Project	455355	4V+2P	9	Sauer	English
Generalized Function Theory	455360	4V+2Ü	9	Forster-Heinlein	English/ German
Ideals in Numerical Applications	455363	4V+2Ü	9	Sauer	English
Integral Transforms	451007	2V+2Ü	6	Forster-Heinlein	English/ German
Integral Transforms and Computed Tomography	482301	4V+2Ü	9	Sauer	English

Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing	485384	3V+1Ü	6	Prochno	English
Machine Learning Control and Optimization	455398	4V+2Ü	9	Wirth	English
Mathematical Foundations of Machine Learning	455394	4V+2Ü	9	Sauer	English
Mathematical Systems Theory	482401	4V+2Ü	9	Wirth	English
Nonlinear Optimization	471515	4V+2Ü	9	Harks	English/ German
Numerics of Differential Equations	451012	4V+2Ü	9	Wirth	English/ German
Numerics of Polynomial and Rational Approximation	485383	2V+1Ü	5	Forster-Heinlein	English/ German
Online and Approximation Algorithms	455480	2V+2Ü	6	Harks	English
Operator Theory	401403	4V+2Ü	9	Forster-Heinlein	English
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
Topology	485382	2V+2Ü	6	Wirth	English/ German
Wavelets	471870	4V+2Ü	9	Sauer	English
Research Seminar for the Module Group "Applied Analysis and Optimisation"	xxxxxx	2S	5	All lecturers	English/ German

Module Group “Functional Analysis and Stochastics“ (FAS)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Classical Limit Theorems & Large Deviations	451019	4V+2Ü	9	Prochno	English/ German
Computational Stochastic Processes	451402	2V+2Ü	6	Müller-Gronbach	English
Foundations of Statistical Data Science	482522	4V+2Ü	9	Rudolf	English/ German
Functional Analysis	485367	4V+2Ü	9	Prochno	English
Markov Chain Monte Carlo	455450	4V+2Ü	9	Rudolf	English/ German
Mathematical Statistics	xxxxxx	4V+2Ü	9	Müller-Gronbach	English/ German
Numerical Methods for Stochastic Differential Equations	451004	3V+1Ü	6	Müller-Gronbach	English
Slice Sampling	465510	2V+1Ü	5	Rudolf	English/ German
Stochastic Analysis	405214	4V+2Ü	9	Müller-Gronbach	English
Stochastic Partial Differential Equations	405245	3V+1Ü	6	Müller-Gronbach	English
Stochastic Processes	405915	4V+2Ü	9	Rudolf	English/ German
Stochastic Processes on Graphs and Groups	455490	4V+2Ü	9	Müller-Gronbach	English/ German
Research Seminar for the Module Group “Functional Analysis and Stochastics“	xxxxxx	2S	5	All lecturers	English/ German

Module Group “AI and Data Science“ (AIDS)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Advanced Data Analytics	261004	2V+2Ü	5	Haupt, Fritsch	English
Advanced Topics in Data Science	482603	2V+1Ü	5	Granitzer	English
Algorithms under Uncertainty	471980	2V+2Ü	6	Sudholt	English
Computational Social Science Lab	455391	4Ü	6	Lemmerich	English
Computational Linguistics	455396	2V+2Ü	6	Hautli-Janisz	English
Computational Linguistics Shared Task Lab	472810	4Ü	6	Hautli-Janisz	English
Data Modelling and Data Processing in the Internet of Things	455386	2V+1Ü	5	Kosch	English
Data on the Web	455417	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Deep Learning for Natural Language and Code	472700	2V+2Ü	6	Herbold	English
Efficient Algorithms	455366	3V+2Ü	7	Rutter, Sudholt	English/ German
Functional Programming	405053	2V+2Ü	6	Griebel, Fraser	English/ German
Graph and Network Algorithms Lab	451005	3Ü	6	Rutter	English
Implementation of Database Systems	405069	3V+2Ü	7	Kosch	English/ German
Introduction to Deep Learning	471616	2V+2Ü	6	Lemmerich	English
Introduction to Topological Data Analysis	482115	3V+2Ü	7	Rutter	English/ German
Modern Database Systems	472770	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Multimedia Databases	405031	3V+2Ü	7	Kosch	English
Multimedia Retrieval	455383	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Network Science	482601	2V+1Ü	5	Granitzer	English
Practical Parallel Programming	455371	3V+2Ü	7	Fraser	English/ German
Principles of AI Engineering	455410	2V+2Ü	6	Herbold	English
Principles of Data Organisation	472740	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Responsible Machine Learning	471617	2V+2Ü	6	Lemmerich	English
Scaling Database Systems	451016	2V+2Ü	6	Scherzinger	English

Module Group “Applications“ (A)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Camera Calibration and 3-D Re- construction	455395	2V	3	Hanning	German
Computational Statistics – Re- gression in R	261170	2V	3	Haupt	English
Computational Statistics – Stati- stical Learning in R	261001	2V	3	Haupt	English
Corporate Finance and Capital Markets	262230	4V+2Ü	5	Entrop	English
Econometric Methods	261120	2V+2Ü	5	Haupt	English/ German
Financial Engineering and Struc- tured Finance	262200	2V+2Ü	5	Entrop	English
Foundations of Energy Systems	455361	2V+2Ü	6	de Meer	English
Foundations of Econometrics	xxxxxx	2V+2Ü	5	Haupt	English
Market Research	200514	2V+2Ü	5	Totzek	English/ German
Paneldatenanalyse	261080	2V+2Ü	5	Haupt	German
Quantitative Methods in Finance	261070	2V+2Ü	5	Entrop	English
Secure Computation	455372	2V+2Ü	6	Katzenbeisser	English
Topics in Applied Econometrics	271030	2V+2Ü	5	Haupt	English

Module Group “Occupational Skills“ (OS)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
Internship	407680		4	All lecturers	English/German
Grundfragen der Didaktik der Informatik	777911	2V+2Ü	4	Heuer	German
Scientific Methods and Technical Writing	479810	2V+1Ü	5	Kranz	English
Praktikum zu ERP-Systemen	xxxxxx	Block Course	5	Voss	German
Wirtschaftswissenschaften für Juristen	407560	2V	3	Farhauer	German
Work smarter - not harder: Selbst-, Zeit- und Lernmanagement	xxxxxx	Block Course	1	Koch	German
Streit als Chance?! Workshop zum Konfliktmanagement	xxxxxx	Block Course	1	Fänderl	German
Teammanagement: Praktische Methoden für eine erfolgreiche Zusammenarbeit	xxxxxx	Block Course	1	Horn	German
Entdecke die Führungskraft in dir	xxxxxx	Block Course	1	Hinz	German
Speedreading und Smartreading für wissenschaftliche Texte - schneller lesen, besser verstehen und mehr behalten	xxxxxx	Block Course	1	Koch	German
Projektmanagement: Basisseminar	xxxxxx	Block Course	1	Ballmann	German
Projektmanagement: Aufbauseminar	xxxxxx	Block Course	1	Ballmann	German
Agiles Projektmanagement - Kreative Projektarbeit mit Agile MemoGame Development erleben	xxxxxx	Block Course	1	Erdmannsdorfer, Leibelt	German
Management of international projects	xxxxxx	Block Course	1	Garratt-Gnann	English
Adobe InDesign CS5: Grundkurs	xxxxxx	Block Course	1	Marhold	German
Deutsch als Fremdsprache (German Course)		4SWS	5	set by the Language Centre	German
FFA Aufbaustufenmodul 1 (English Course 1)		2V	3	Bigot De La Touanne	English

FFA Aufbaustufenmodul 2 (English Course 2)		2V	3	Bigot De La Touanne	English
--	--	----	---	---------------------	---------

Module Group “Compulsory Modules”

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
Counseling Module	xxxxxx	2S	5	All lecturers of mathematics	English
Seminar 1 Mathematics	481001	2S	5	All lecturers of mathematics	English
Seminar 2 Mathematics	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 § 4 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 **ADS, LG, AAO, FAS** Module im Umfang von **mindestens 55 ECTS-Leistungspunkten**, davon
 - a) **mindestens 18 ECTS-Leistungspunkte** aus dem Modulbereich A **Algebra and Discrete Structures** und **Logic Geometry** und
 - b) **mindestens 18 ECTS-Leistungspunkte** aus dem Modulbereich B **Applied Analysis and Optimization** und **Functional Analysis and Stochastics**
- iii. **jeweils mindestens 10 ECTS-Leistungspunkte** aus den Modulgruppen **AI and Data Science** und **Applications** und
- iv. **bis zu 5 ECTS-Leistungspunkte** aus der Modulgruppe **Occupational Skills**.

Note:

For passing the Master's examination (see AStuPO § 9 paragraph 2 and FStuPO § 4 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. one focus module group from the module groups **ADS, LG, AAO, FAS** at least **55 credit points**,
 - a) **at least 18 ECTS credit points** from the module area A **Algebra and Discrete Structures** und **Logic Geometry** und
 - b) **at least 18 ECTS credit points** from the modul area B **Applied Analysis and Optimization** und **Functional Analysis and Stochastics**
- iii. **at least 10 ECTS credit points each** from the module group **AI and Data Science** and **Applications** and
- iv. **up to 5 ECTS credit points** from the module group **Occupational Skills**.

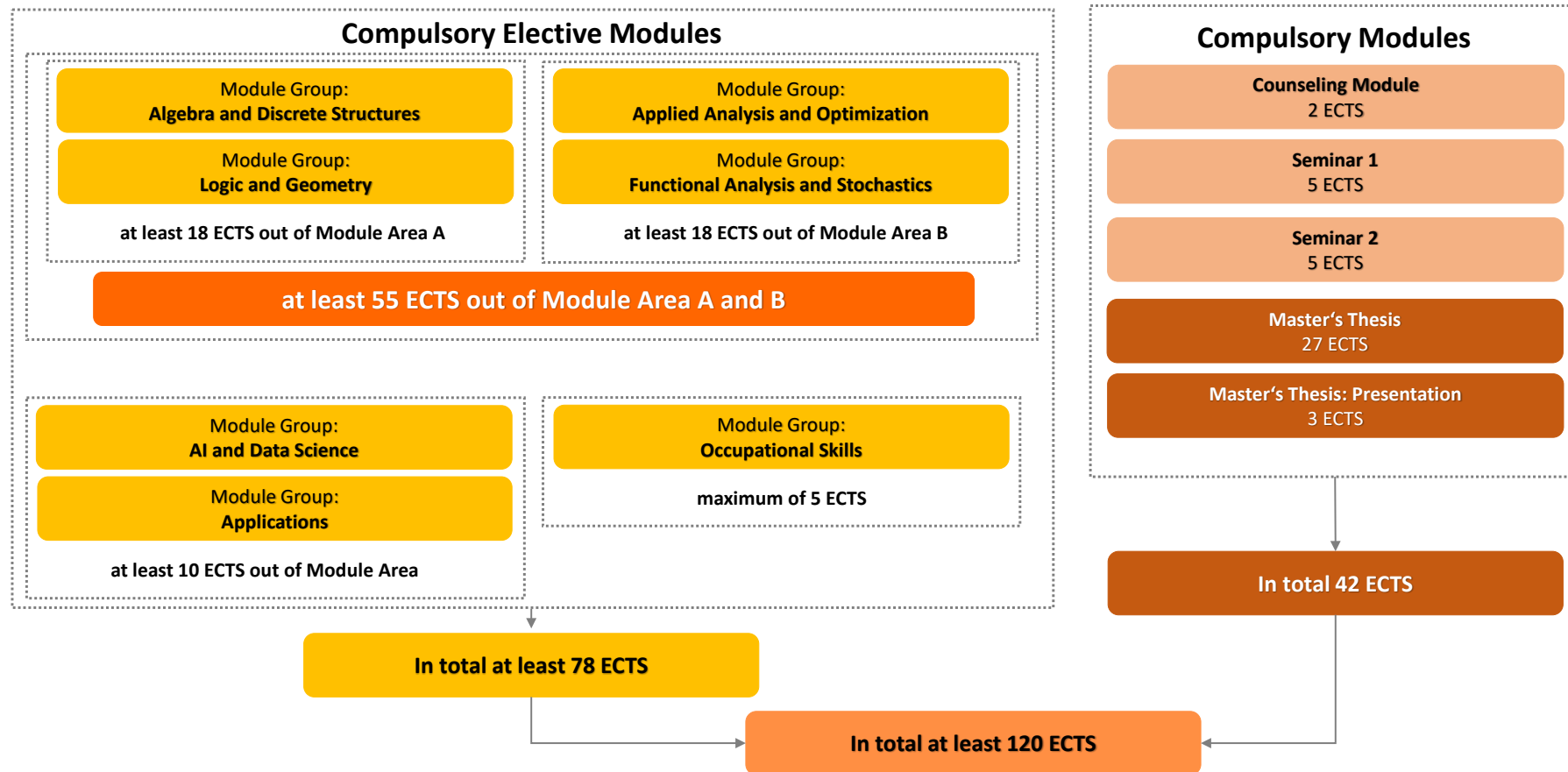
Für Übersichtslisten zur Anrechenbarkeit und Modulgruppenzuordnung siehe

<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. Mathematics / Building Blocks for M.Sc. 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.

Aus dem modularen Baukastensystem ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für einen Studienverlauf, je nach Interessen und Präferenz der Studierenden.

Der beispielhafte Studienverlaufsplan berücksichtigt weitgehend die empfohlenen Voraussetzungen gemäß der Modulbeschreibungen und illustrieren daher auch, wie die Module aufeinander aufgebaut sind.

The modular concept allows for various study plan designs, depending on students' interests and preferences.

The sample study plan largely reflect skills recommended in the module descriptions and illustrate how some modules are sequenced upon one another.

Beispielverlaufsplan

Sample study plan

1. Fachsemester			
	Counseling Module	1V	2
	Efficient Algorithms	3V+2Ü	7
	Constructive Approximation	4V+2Ü	9
	Functional Analysis	4V+2Ü	9
	Computational Statistics - Regresseion in R	2V	3
	Summe ECTS-LP 1. Fachsemester:		30
2. Fachsemester			
	Seminar 1	2S	5
	Real Algebraic Geometry	4V+2Ü	9
	Cryptography	4V+2Ü	9
	Topics in Applied Econometrics	2V+2Ü	5
	Key Competencies		2
	Summe ECTS-LP 2. Fachsemester:		30
3. Fachsemester			
	Seminar 2	2S	5
	Integral Transforms	2V+2Ü	6
	Computational Stochastics Processes	2V+2Ü	6
	Constraint Satisfaction Problems	2V+2Ü	6
	Theory of Evolutionary Computation	3V+2Ü	7
	Summe ECTS-LP 3. Fachsemester:		30
4. Fachsemester			
	Master's Thesis		27
	Presentation of Master's Thesis		3
	Summe ECTS-LP 4. Fachsemester:		30
Gesamt ECTS-LP			120

Inhaltsverzeichnis

Baukasten für M.Sc. Mathematics / Building Blocks for M.Sc. Mathematics	14
Beispielverlaufsplan / Sample study plan	16
5008 Grundfragen der Didaktik der Informatik	PN 777911 23
5180 Counseling Module	PN xxxxxx 25
5600 Effiziente Algorithmen	PN 455366
Efficient Algorithms	28
5610 Praktische Parallelprogrammierung	PN 455371
Practical Parallel Programming	31
5710 Algorithmische Graphentheorie und perfekte Graphen	PN 455414
Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs	34
5712 Algorithmen zur Visualisierung von Graphen	PN 455352
Algorithms for Graph Visualization	37
5713 Parametrisierte Algorithmen	PN 455413
Parameterized Algorithms	40
5715 Einführung in die Topologische Datenanalyse	PN 482115
Introduction to Topological Data Analysis	42
5721 Foundations of Energy Systems	PN 455361 45
5730 Nichtlineare Optimierung	PN 471515
Nonlinear Optimization	48
5732 Ideals in Numerical Applications	PN 455363 50
5733 Wavelets	PN 471870 52
5734 Mathematical Foundations of Machine Learning	PN 455394 54
5736 Kettenbrüche	PN 456354
Continued Fractions	57
5739 Geometric Modeling Project	PN 455355 60
5753 Distributionentheorie	PN 455360
Generalized Function Theory	62
5754 Constructive Approximation	PN 405244 65

5756	Funktionalanalysis Functional Analysis	PN 485367 67
5757	Fourier- und Laplace-Transformation Fourier and Laplace Transforms	PN 451405 69
5762	Sicheres Rechnen Secure Computation	PN 455372 72
5771	Multimedia-Datenbanken Multimedia Databases	PN 405031 75
5772	Data Modelling and Data Processing in the Internet of Things	PN 455386 79
5773	Implementierung von Datenbanksystemen Implementation of Database Systems	PN 405069 83
5780	Computeralgebra Computer Algebra	PN 455358 87
5781	Algorithmische Algebraische Geometrie Computational Algebraic Geometry	PN 405154 90
5782	Kryptographie Cryptography	PN 401816 93
5784	Codierungstheorie Coding Theory	PN 463030 96
5791	Funktionale Programmierung Functional Programming	PN 405053 99
5804	Scientific Methods and Technical Writing	PN 479810 102
5815	Computational Stochastic Processes	PN 451402 105
5818	Stochastische Analysis Stochastic Analysis	PN 405214 108
5831	Kryptoanalyse Cryptanalysis	PN 482102 110
5835	Ringe und Moduln Rings and Modules	PN 455364 112
5836	Elliptic Curves	PN 422120 114
5838	Information Theory	PN 455440 116
5871	Commutative Algebra	PN 455387 118

5873	Operatortheorie Operator Theory	PN 401403 121
5942	Network Science	PN 482601 123
5945	Advanced Topics in Data Science	PN 482603 126
5951	Theory of Evolutionary Computation	PN 455399 128
5952	Randomisierte Algorithmen Randomised Algorithms	PN 455388 131
5953	Algorithms under Uncertainty	PN 471980 134
5960	Partielle Differentialgleichungen Partial Differential Equations	PN 405167 137
5961	Halbgruppentheorie Semigroup Theory	PN 405213 140
5962	Symbolische Dynamik und Kodierung Symbolic Dynamics and Coding	PN xxxxxx 142
5963	Numerik von Differentialgleichungen Numerics of Differential Equations	PN 451012 144
5964	Dynamische Systeme Dynamical Systems	PN xxxxxx 147
5965	Topologie Topology	PN 485382 149
5967	Mathematische Systemtheorie Mathematical Systems Theory	PN 482401 152
5968	Topologie II Topology II	PN 422180 155
5970	Scaling Database Systems	PN 451016 157
5992	Stochastische partielle Differentialgleichungen Stochastic Partial Differential Equations	PN 405245 160
5994	Numerik der Polynom- und rationalen Approximation	PN 485383 163
5995	Advanced Imaging	PN 454020 165
6020	Mathematische Logik Mathematical Logic	PN 455362 167
6021	Mathematische Statistik	PN 451013 170

6023	Model Theory	PN 482201	172
6026	Real Algebra	PN 482103	174
6029	Numerik stochastischer Differentialgleichungen Numerical Methods for Stochastic Differential Equations	PN 451004	176
6033	Real Algebraic Geometry	PN 482104	179
6034	Graphen- und Netzwerkalgorithmen Praktikum Graph and Network Algorithms Lab	PN 451005	181
6040	Integraltransformationen Integral Transforms	PN 451007	184
6044	Multimedia Retrieval	PN 455383	187
6049	Asymptotische Geometrische Analysis und Anwendungen	PN 485368	190
6060	Computational Social Science Lab	PN 455391	193
6061	Introduction to Deep Learning	PN 471616	196
6064	Responsible Machine Learning	PN 471617	199
6070	Markov Chain Monte Carlo	PN 455450	202
6072	Foundations of Statistical Data Science	PN 482522	204
6073	Stochastische Prozesse Stochastic Processes	PN 405915	207
6074	Slice Sampling	PN 465510	209
6080	Computational Linguistics	PN 455396	211
6089	Computational Linguistics Shared Task Lab	PN 472810	214
6100	Computational Game Theory	PN 472690	216
6103	Distributed Algorithms	PN 422150	218
6105	Dynamic Network Flows	PN 422160	220
6106	Computational Geometry	PN 405125	222
6111	Klassische Grenzwertsätze & große Abweichungen Classical Limit Theorems & Large Deviations	PN 451019	225
6112	Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing	PN 485384	228
6120	Principles of AI Engineering	PN 455410	231

6123	Deep Learning for Natural Language and Code	PN 472700 234
6131	Extremal Combinatorics	PN 482213 237
6132	Random Graphs	PN 422140 239
6133	Combinatorial Number Theory	PN 455560 241
6136	Algebraische Kombinatorik Algebraic Combinatorics	PN xxxxxx 243
6141	Komplexitätstheorie Computational Complexity Theory	PN 482211 246
6142	Fortgeschrittene Komplexitätstheorie Advanced Computational Complexity Theory	PN 472710 248
6143	Constraint Satisfaction Problems	PN 472720 250
6145	Fortgeschrittene Modelltheorie Advanced Model Theory	PN 455470 252
6195	Integraltransformationen und Computertomographie Integral Transforms and Computed Tomography	PN 482301 254
6200	Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion Camera Calibration and 3-D Reconstruction	PN 455395 256
6201	Proof Theory	PN 482203 258
6202	Recursion Theory	PN 482202 260
6206	Data on the Web	PN 455417 262
6208	Machine Learning Control and Optimization	PN 455398 265
6209	Principles of Data Organisation	PN 472740 268
6212	Modern Database Systems	PN 472770 270
6215	Online and Approximation Algorithms	PN 455480 273
6217	Stochastische Prozesse auf Graphen und Gruppen Stochastic Processes on Graphs and Groups	PN 455490 275
30900	Financial Engineering and Structured Finance	PN 262200 277
30902	Quantitative Methods in Finance	PN 261070 279
30913	Corporate Finance and Capital Markets	PN 262230 281
33860	Marktforschung	PN 200514 284

35550	Topics in Applied Econometrics	PN 271030	286
35610	Paneldatenanalyse	PN 261080	288
35621	Computational Statistics – Regression in R	PN 261170	290
35622	Computational Statistics – Statistical Learning	PN 261001	292
35777	Methoden der Ökonometrie I Econometric Methods	PN 261120	294
35780	Advanced Data Analytics	PN 261004	296
35787	Foundation of Econometrics	PN xxxxxx	298
90200/90220	Deutsch als Fremdsprache German as a Foreign Language	PN 510175, 510176	300
90595/90596	FFA Aufbaustufenmodul 1 English Course 1	PN 542001	302
90596/90597	FFA Aufbaustufenmodul 2 English Course 2	PN 448100	304
Praktikum Internship		PN xxxxxx	306
Seminar		PN xxxxxx	310
Seminar 1 zu Mathematik		PN 481001	312
Seminar 2 zu Mathematik		PN 481002	312
Präsentation der Masterarbeit Presentation of the Master's Thesis		PN 488999	314
Masterarbeit Mathematik Master's Thesis in Mathematics		PN 489900	316

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

	• den eigenen Lernprozess reflektieren
Inhalt Course content	• Ziele, Standards, Erscheinungs- und Organisationsformen informatischer Bildung • grundlegende Ideen der Informatik • Techniken und Hilfsmittel zur Vermittlung informatischer Inhalte
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 15 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben 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 Media used	Beamer, Tafel, Programmierwerkzeuge Projector, blackboard, programming tools
Literatur Reading list	Wird von der Dozentin bekannt gegeben

5180 Counseling Module PN xxxxxx	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every Winter Semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Harks
Dozent(in) Lecturer	FIM Professors
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „Pflichtmodul“ Focus „Compulsary Modules“
Lehrform/SWS Contact hours	1V
Arbeitsaufwand Workload	15 Std. Präsenz + 45 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 15 contact hrs + 45 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	2
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	keine none
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	keine none
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	keine none
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> In Vorlesungen wird die Selbstorganisation zu Studienbeginn und die Orientierung in Bezug auf die Anforderungen des B. Sc. Artificial Intelligence thematisiert. — In lectures, the students will be taught how to self-organize

	the study program of B.Sc. Artificial Intelligence. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Veranstaltung zielt darauf ab, dass die Studierenden ihr Studium selbstorganisiert strukturieren und planen, sodass sie zielorientiert studieren. Die Studierenden sind am Ende des Moduls in der Lage die Grundstruktur des Studiums zu erkennen sowie die Anforderungen der Studienfächer abzuschätzen und dementsprechend ihr Studium zu optimieren. Weiterhin sind sie in der Lage verschiedene Vorgehensweisen beim Lernen an der Universität zu reflektieren und auf ihr eigenes Lernverhalten zu übertragen. — The course is meant to prepare students for the study program in terms of self-organization and planning skills in order to successfully complete the program. Moreover, they learn how to implement different forms of learning strategies. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden haben die Kompetenz, sich hinsichtlich ihres Lernfortschrittes und der dafür notwendigen Anforderungen selbst zu organisieren: • Nutzung von Lerngruppen • Lernen an der Universität und Reflexion des Lernstandes • Teamarbeit im Studium • Umgang mit Prüfungen und Prüfungsvorbereitung • Organisation und Strukturierung der Prüfungsphase • Kenntnis des Ablaufs des Studienprogramms — The students have the competencies to survey their learning progress and to achieve a level of self-organization: • Use of learning groups • Learning how to learn • Teamwork • Cope with exams • Organization of exam phase • Students know the structure and contents of the degree program.
Inhalt Course content	• Einführung in das Studienprogramm • Einführung in die Bibliotheksdienste und das IT-Angebot der FIM • Vorschriften, Bewertungen und Prüfungen • Kern-KI • Nebenfachprogramme

	• Wissenschaftliches Arbeiten und Studieren • Introduction to the B.Sc. AI Program • Introduction to FIM IT Offerings & Library Services • Regulations, Assessments, & Exams • Core AI • Minor Programmes • Scientific Working and Studying
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Abschlussklausur (45 Minuten) Written Exam (45 minutes)
Medienformen Media used	Multimedia presentation (videos in case of virtual lecture).
Literatur Reading list	keine

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

	enschaften. — The students acquire a systematic understanding of algorithmic design and analysis principles. They know advanced algorithms and data structures and their properties. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. — 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 Assessment	Zwei Teilleistungen: Teilleistung 1 (80%): 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. Teilleistung 2 (20%): Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein Thema der Algorithmik Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden. — Examination in two parts: Part 1 (80%): Oral exam (about 25 minutes) or written exam (90 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) on an Algorithms subject. To pass the examination, both parts have to be passed.
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: Introduction to Algorithms Korte, Vygen: Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms

5610 Praktische Parallelprogrammierung PN 455371	
Practical Parallel Programming	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Fraser
Dozent(in) Lecturer	Größlinger
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Modulgruppe „AIDS“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 85 Std. Übungsaufgaben / Programmierprojekte + 60 Std. Nachbereitung und Eigenstudium 75 contact hours + 85 hours exercises / programming projects + 60 hours independent study
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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 unterstütztem Selbststudium. — 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 acquire comprehension of a research paper on parallelization in assisted self-study. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden beherrschen die Konzepte der Parallelisierung konkreter Anwenderprobleme und können diese für eine ausgewählte Programmiersprache umsetzen. — Students master the concepts of parallelization of specific user problems and implement them for a selected programming language. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Absolventen der Veranstaltung sind sich der Vielfalt paralleler Architekturen und Programmierungsansätze sowie den höheren Korrektheits- 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. — 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 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. — It will present about a half dozen different paradigms for paral-

	l 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 Assessment	Implementierungen (Quellcode) zu mehreren Programmierprojekten mit je etwa 2 bis 3 Wochen Bearbeitungszeit. Implementations (source code) for several programming projects, each with about 2 to 3 weeks processing time.
Medienformen Media used	Beamer, Tafel, Overheadprojektor Projector, blackboard, overhead projector
Literatur Reading list	Foliensätze, Buchauszüge, Forschungspapiere Ian Foster http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/: Designing and Building Parallel Programs. Addison-Wesley, 1994. 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 Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes 2. Semester Usually every other semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rutter
Dozent(in) Lecturer	Rutter
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algorithmen und Datenstrukturen Algorithms and Data Structures
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe der algo- rithmischen Graphentheorie und die in diesem Zusammen- hang wichtigsten Graphklassen und deren Charakterisierun- gen, nämlich perfekte Graphen, chordale Graphen, Vergleich-

	barkeitsgraphen, sowie Intervall-, Split-, und Permutationsgraphen. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Algorithmen zur Erkennung dieser Graphen sowie zur Lösung grundlegender algorithmischer Probleme auf diesen Graphen exemplarisch ausführen und analysieren. — The students can apply and analyze algorithms for recognizing and solving fundamental algorithmic problems on these graph classes. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Viele grundlegende, in vielen Kontexten auftauchende Problemstellungen, etwa Färbungsprobleme oder das Finden von unabhängigen Mengen und maximalen Cliques, 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. — 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 Assessment	Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben Oral exam of about 25 minutes. The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten/ von der Dozentin bekannt gegeben Golumbic, Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs, 2nd. ed., Annals of Discrete Mathematics, vol. 57, Elsevier, 2004 Spinrad, Efficient Graph Representations, Field Institute Monographs, vol. 19, AMS, 2003 Course reader for the lecture.

5712 Algorithmen zur Visualisierung von Graphen PN 455352 Algorithms for Graph Visualization	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rutter
Dozent(in) Lecturer	Rutter
Sprache Language of instruction	Deutsch German
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algorithmen und Datenstrukturen Algorithms and Data Structures
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. — 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 Assessment	Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben Oral exam (about 25 minutes); The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten/ von der Dozentin bekannt gegeben G. Di Battista , P. Eades, R. Tamassia, I. G. Tollis: Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs, Prentice Hall, 1999. M. Kaufmann und D. Wagner (eds): Drawing Graphs: Methods and Models, Springer LNCS 2025, 2001

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

	— The students know the fundamental notions of parameterized algorithms and complexity. They know several techniques for the design of parameterized algorithms. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Verfahren exemplarisch ausführen, deren Funktionsweise erläutern und sie analysieren. — The students can apply the algorithms presented in the lecture on examples, can explain the way they work and are able to analyze them. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Grundlagen parametrisierter Komplexitätstheorie, Entwurfstechniken für parametrisierte Algorithmen, z.B. Kernbildung, beschränkte Suchbäume, iterative Kompression, Baumweite und andere Graphparameter sowie untere Schranken. — 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 Assessment	Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben Oral exam (about 25 minutes); The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur 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 Introduction to Topological Data Analysis		PN 482115
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rutter	
Dozent(in) Lecturer	Rutter	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 75 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 75 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	7	
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Es werden Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen und linearer Algebra vorausgesetzt. The course assumes knowledge of algorithms and data struc- tures and linear algebra.	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engi- neering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte, Tech- niken 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. — 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 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 Eingabepunktmenge 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. Die Vorlesung führt in die topologische 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. — 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. 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 Assessment	Schriftliche Klausur (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Written exam (90 minutes) or oral exam (30 minutes). The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Main Source: Tamal K.Dey, Yusu Wang: Computational Topology for Data Analysis, 2021 Additional resources: Herbert Edelsbrunner, John Harer: Computational Topology: An Introduction, American Mathematical Society, 2010 Gunnar Carlsson, Mikael Vejdemo-Johansson: Topological Data Analysis with Applications, Cambridge University Press, 2021 Allen Hatcher: Algebraic Topology, Cambridge University Press, 2002

5721	Foundations of Energy Systems	PN 455361
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Wintersemester Usually every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	De Meer	
Dozent(in) Lecturer	De Meer	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Rechnernetze Computer Networks	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. — 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 Assessment	Je nach Teilnehmerzahl mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten) oder Klausur (90 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard
Literatur Reading list	Math H. J. Bollen, Fainan Hassan, Integration of Distributed Generation in the Power System, Wiley, 2011 Ali Keyhani, Design of Smart Power Grid Renewable Energy Systems, Wiley, 2011 Holger Karl, Andreas Willig, Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks, Wiley, 2005 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 Nichtlineare Optimierung PN 471515 Nonlinear Optimization	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Harks
Dozent(in) Lecturer	Harks
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit 60 + 30 contact hours, 90 + 90 hrs independent study
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I + II, Lineare Algebra I + II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der Optimierung sowie die theoretischen Grundlagen der Algorithmen. — The students get to know the basic challenges and methods of optimization and their theoretical foundations.

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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 structural characterizations and sensitivity results. Moreover, they are able to implement and apply numerical methods for nonlinear problems. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Modellierung Nichtlineare Optimierung, KKT, Dualität, Sensitivitätsanalyse, Numerische Verfahren für nichtlineare Probleme — Modelling of nonlinear optimization problems, KKT theorems, duality, sensitivity analysis, numerical methods for nonlinear problems
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	120 minütige Klausur über die Gebiete der nichtlinearen Optimierung. Exam (120 minutes) covering nonlinear optimization.
Medienformen Media used	Tafelanschrieb Blackboard, videos in case of virtual lecture
Literatur Reading list	Skriptum

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

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

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

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

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

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Verfahren der Lerntheorie bewerten, selbständig evaluieren, auf praktische Fragestellungen anwenden und einfache Erweiterungen der Verfahren entwickeln. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer können algorithmische Konzepte der Lerntheorie auf ihre Effizienz und Wirksamkeit beurteilen und eigenständig implementieren. — The students are able to assess algorithmic concepts of learning theory with respect to performance and efficacy and to implement the concepts independently.
Inhalt Course content	Grundlegende Fragestellungen: • Entscheidungsprobleme • Klassifizierungsproblem Verfahren: • Neuronale Netzwerke • Support Vector Machines Grundlagen: • Grundlagen der nichtlinearen Optimierung • Numerische Fragestellungen • Approximationstheoretische Methoden • Bezüge zur Statistik • Reproduzierende Kerne — Basic problems: • Decision problems • Classification problems Methods: • (Artificial) neural networks • Support Vector Machines Basics: • Introduction to nonlinear optimization • Numerical problems • Methods from approximation theory • Connections with statistics • Reproducing Kernels
Studien-/Prüfungsleistungen 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 Media used	Präsentation und Beamer, Folien, Tafel, Skript Presentation projector, slides, blackboard, lecture notes
Literatur Reading list	C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning B. Schölkopf, A. Smola, Learning with Kernels T. Hastie, R. Tibshirami, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning F. Cucker, D.X. Zhou, Learning Theory Skriptum zur Vorlesung vollständig ausgearbeitet und gedruckt / Lecture Notes

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

	— The students know the fundamental results from the theory of continued fractions and their use in applications. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Beweistechniken aus dem Gebiet der Kettenbrüche nachvollziehen und auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und auf dieser Basis Algorithmen entwickeln. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden haben die Kompetenz, sich Techniken aus dem Gebiet zu erschließen und passend für Anwendungsprobleme auszuwählen und zu evaluieren. — The students are capable to explore techniques and methods, to choose appropriate ones for application problems and to evaluate the outcome.
Inhalt 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 Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben 90-minute written examination or 20-minute oral examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester)
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer Presentation and projector
Literatur Reading list	F. R. Gantmacher, Matrix Theory. Vol. II, Chelsea Publishing Company, 1959, Reprinted by AMS, 2000. W. Gautschi, Numerical analysis. an introduction, Birkhäuser, 1997. A. Ya. Khinchin, Continued fractions, 3rd ed., University of Chicago Press, 1964, Reprinted by Dover 1997. 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Sauer
Dozent(in) Lecturer	Sauer
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die grundlegenden und anwendungs- relevanten Konzepte und Techniken der Computeralgebra für Idealtheorie deren Anwendung auf und Numerische Probleme. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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 Assessment	Erstellung eines Prototypen und Präsentation (30min) zum Projekt und dessen Durchführung Production of a prototype and presentation (30min) about the project and its implementation
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer Presentation and projector
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten bekannt gegeben

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

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

	Press. • Laurent Schwartz. Théorie des distributions. Hermann. • François Trèves. Topological Vector Spaces, distributions and kernels. Academic Press.
--	--

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

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

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

	logischen Vektorräumen, insbesondere Banach- und Hilbert-Räumen, zu analysieren. — Students know the basic theoretical techniques to analyze linear functionals and operators in topological vector spaces, in particular Banach and Hilbert spaces. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der Funktionalanalysis bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen der Mathematik und der Naturwissenschaften anzuwenden. — Students are able to apply the methods of functional analysis to specific, topical problems in mathematics and the natural sciences.
Inhalt Course content	Folgende Themen werden behandelt: • Topologische Vektorräume • Normierte Räume und Vollständigkeit • Lineare Operatoren zwischen normierten Räumen • Satz von der offenen Abbildung, Satz vom abgeschlossenen Graphen und Satz von Baire • Hahn-Banach Sätze und Konsequenzen • Satz von Banach-Steinhaus — The following topics are covered: • Topological vector spaces • Normed spaces and completeness • Linear operators between normed spaces • Open mapping theorem, closed graph theorem and Baire's theorem • Hahn-Banach theorems and consequences • Theorem of Banach-Steinhaus
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	
Medienformen Media used	Tafel, Beamer, Übungsblätter Board, projector, exercise sheets
Literatur Reading list	W. Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991. M. Reed/B. Simon, Functional Analysis, Academic Press, 1972. D. Werner: Funktionalanalysis, Springer, 2007. F. Hirzebruch, W. Scharlau: Einführung in die Funktionalanalysis, BI-Hochschulbücher, 1991.

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

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

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

5762 Sicheres Rechnen PN 455372	
Secure Computation	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Sommersemester Usually every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Katzenbeisser
Dozent(in) Lecturer	Katzenbeisser
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Advanced IT Security
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden lernen Einsatzbereiche von Techniken des Sicheren Rechnens kennen. Sie erwerben die Fähigkeit, Techniken des Sicheren Rechnens in der Praxis umzusetzen. — Students learn the application domains of techniques of secure computation. Furthermore, they acquire the abilities to implement secure computation in practice. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden lernen die Sicherheit von Techniken des Sicheren Rechnens zu beurteilen und die für einen Anwendungsfall geeigneten Methoden zu selektieren. — 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 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. — 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 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. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard

Literatur Reading list	Nach Ansage in der Vorlesung Announced during the lecture

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

	von multimedialen Medien und den Aufbau von Multimedia-Datenbankmanagementsystemen und der Programmierung von Multimedia-Datenbanken. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden haben die Fähigkeit zur praktischen Spezifikation von Multimediaanfragen, Umsetzung und Optimierung von Multimediaanfragen und zum Einsatz von Multimedia-standards. — Students will acquire the ability to perform practical specification of multimedia requests, implementation and optimization of multimedia queries and the use of multimedia standards. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Neue Medienstandards (hier vor allem von MPEG - MPEG-4 AVC oder von MPEG abgeleitet divX, mp3) und immer bessere Aufnahmegeräte 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) Multimedia DBMS: Multimedia access structures, especially the family of R-trees, SS-trees and SR- Trees Multimedia Anfrageverarbeitung and optimization Programming of multimedia DBMS Overview of common MMDB products and research prototypes
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minütige schriftliche Klausur 90-minute written examination
Medienformen 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 Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Übungsaufgaben, selbständiges Studium von sekundärer Literatur Folienskript ist vorhanden und über Stud.IP zugänglich. — 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 Expected activities of students: Participation in compulsory and voluntary tutorials, independent study of secondary literature Slide script is accessible and available through Stud.IP
Literatur Reading list	Harald Kosch: "Distributed Multimedia Database Technologies supported by MPEG-7 and MPEG-21", CRC Press, November 2003, ISBN 0-8493-1854-8 Klaus Meyer-Wegener: „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 Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kosch
Dozent(in) Lecturer	Kosch, Kabisch
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü
Arbeitsaufwand Workload	30 + 15 Std. Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben, Vor- und Nachbereitung 30 + 15 contact hours + 105 hrs exercises, independent study and exam preparation
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Internet-of-Things (IoT)-Systeme sammeln und aggregieren 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 Aggregieren auch das Auswerten der Sens-

	ordaten berücksichtigt. Die Vorlesung gliedert sich in drei Teilen: 1. Einführung in IoT und verschiedene Web Technologien relevant für IoT-Systeme • IoT Systeme, u.a., Mikrokontroller • IoT Frameworks and Architectures (e.g., Vorto) • JSON, JSON Schema, RDF, JSON-LD 1.1 • IoT Datastores, u.a von IoT Cloud Systemen 2. Datenmodellierungstechnologien für die IoT • WoT Building Blöcke: Thing Model, Thing Description und Binding Templates • Semantische Modellierung (Kontexterweiterung) 3. Datenverarbeitungsmechanismen im IoT • WoT API • Discovery • Security • Datenkodierung • Datenverarbeitung 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. The lecture is divided into 3 parts: 1. Introduction to IoT and different web technologies relevant for IoT systems • IoT Systems, such as, microcontroller • IoT Frameworks and Architectures (e.g., Vorto) • JSON, JSON Schema, RDF, JSON-LD 1.1 • IoT Datastores, such as from IoT Cloud Systems 2. Data Modeling technologies for IoT • WoT Building Blocks: Thing Model, Thing Description and Binding Templates • Semantic Modeling (Context Extension) 3. Data processing mechanisms in IoT • WoT API • Discovery • Security • Data coding • Data processing
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters

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

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

	implementation of database systems. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden haben die Fähigkeit, Datenbank-Tuning in der Praxis durchzuführen. — Students will acquire the ability to database tuning in practice. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz, die Systemsicht eines Datenbanksystems einzunehmen und zukünftige Entwicklungen im Datenbankbereich zu beurteilen. — 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 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. Inhaltliche Gliederung: Architekturen von DBS Blockorientierte Zugriffsschnittstelle, E/A-Architekturen und Speicherhierarchien Speichertechnologie Externspeicherverwaltung, DBS-Pufferverwaltung Datensatzorientierte Zugriffsschnittstelle Speicherungsstrukturen für Datensätze und Objekte Indexstrukturen, u.a., B-Baum Familie, Hashing, multidimensionale Indexstrukturen Mengenorientierte Zugriffsschnittstelle Anfragebearbeitung und Optimierung Verteilte Datenbanksysteme Details aktueller Datenbanksystemversionen, Oracle und IBM

	DB2 — 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. 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 Index structures, e.g. B- tree family, hashing, multidimensional index structures Quantity -based access interface query processing and optimization of Distributed Database Systems Details of current database system versions, Oracle and IBM DB2
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 min schriftliche Klausur 90-minute written examination
Medienformen 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 Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Übungsaufgaben, selbständiges Studium von sekundärer Literatur Folienskript ist vorhanden und über Stud.IP zugänglich. — 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 Expected activities of students: Participation in compulsory and voluntary tutorials, independent study of secondary literature Slide script is accessible and available through Stud.IP
Literatur Reading list	Theo Härder, Erhard Rahm: „Datenbanksysteme: Konzepte und Techniken der Implementierung“, 2. Auflage, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-65040-7.

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

	men vertraut. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. — 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 Assessment	120-minütige Abschlussklausur oder ca. 30 Minuten mündliche Prüfung (wird am Anfang der Veranstaltung mitgeteilt) 120-minute written examination or 30-minute oral examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester)
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation Blackboard, Projector presentation
Literatur Reading list	M. Kreuzer und L. Robbiano, Computational Commutative Algebra 1, Springer, Heidelberg 2000

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

	Anwendungen sind ihnen geläufig. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. — 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). 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 Assessment	120-minütige Abschlussklausur 120-minute final written examination
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation Blackboard, Projector presentation
Literatur Reading list	M. Kreuzer und L. Robbiano, Computational Commutative Algebra 2, Springer, Heidelberg 2005

5782	Kryptographie Cryptography	PN 401816
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes 2. Semester Usually every other semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kreuzer, Zumbrägel, Sauer	
Dozent(in) Lecturer	Kreuzer, Zumbrägel, Sauer	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	9	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I Linear Algebra I	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses		
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. Vigenere, 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. — 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 Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Approx. 20-minute oral or 90-minute written examination (the mode of assessment will be announced at the start of the semester).
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation Blackboard, Projector presentation
Literatur Reading list	D. Wätjen, Kryptographie, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg 2008

5784 Codierungstheorie PN 463030 Coding Theory	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kreuzer
Dozent(in) Lecturer	Kreuzer
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I Linear Algebra I
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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-

	algorithmischen Techniken und wichtiger Beweisverfahren. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Basierend auf der Einführung des grundlegenden Modells eines binären symmetrischen Übertragungskanal 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 Beispiellklassen 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. — 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 Assessment	90-minütige Abschlussklausur 90-minute final written examination
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Beamer-Präsentation Blackboard, Projector presentation
Literatur Reading list	J.H. van Lint, Introduction to Coding Theory, Springer, New York 1982

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

	— The students will be familiar with the paradigm of functional programming and can apply it for other programming paradigms, particularly the imperative programming face. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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) — 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 Assessment	90 min. Klausur 90-minute written examination

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

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

	— The participants are familiar with basic parts of scientific work. They know tools for scientific research, working with sources and data analysis. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Publikationsmetriken interpretieren. Die Studierenden können wiederkehrende Typen von Daten geeignet mittels statistischer Verfahren und Tests auswerten und aufbereiten. — The students are able to interpret publication metrics. They are able to process and analyse recurring types of data with suitable statistical methods and tests. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 Course content	Methodik: Qualitative Methoden, Quantitative Methoden, Messtheorie, Statistische Verfahren 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 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. Informationsvisualisierung und Visual Communication Praktische Hilfestellungen für das Erstellen englischer Berichte Vortragstechniken, Präsentationstechniken — Methodology: Qualitative methods, quantitative methods, foundations of measurement, statistical methods

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

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

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

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

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

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

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

	cryptology. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden besitzen Fähigkeiten zur algebraischen Modellierung und können grundlegende kryptologische Algorithmen analysieren und implementieren. — The students possess abilities for algebraic modelling and can analyse and implement basic cryptologic algorithms. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind mit der Analyse von Kryptoverfahren vertraut. — The students are familiar with the analysis of cryptographic protocols.
Inhalt Course content	Zahlentheoretische und algebraische Methoden, im Hinblick auf die Analyse kryptographischer Verfahren. 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. — 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 Assessment	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Beamer, Tafel Presentation, blackboard
Literatur Reading list	N. Koblitz: Algebraic aspects of cryptography. Springer 1998. A. J. Menezes, P. C. v. Oorschot, S. A. Vanstone: Handbook of Applied Cryptography. CRC Press 1996.

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

	rings and modules. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Konzepte der Modultheorie können eingesetzt werden, um die Struktur von Ringen zu untersuchen. — Concepts from module theory can be utilised for investigating the structure of rings. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind mit Methoden und Anwendungen der Modultheorie vertraut. — The students are familiar with notions and applications of module theory.
Inhalt Course content	Die Vorlesung behandelt Grundlagen der Theorie der (nicht-kommutativen) 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. — 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 ring-linear coding theory.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Beamer, Tafel Presentation, blackboard
Literatur Reading list	Frank W. Anderson, Kent R. Fuller, Rings and Categories of Modules, Springer (1992) Tsit-Yuen Lam, Lectures on Modules and Rings, Springer (1999) Friedrich Kasch, Moduln und Ringe, Teubner (1977)

5836	Elliptic Curves	PN 422120
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Zumbrägel	
Dozent(in) Lecturer	Zumbrägel	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	9	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algebra und Zahlentheorie I + II Algebra and Number Theory I + II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses		
Angestrebte Lernergebnisse 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. 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 Assessment	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	Joseph H. Silverman, The Arithmetic of Elliptic Curves, Springer (1986) Lawrence C. Washington, Elliptic Curves: Number Theory and Cryptography, CRC Press (2003)

5838	Information Theory	PN 455440
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Zumbrägel	
Dozent(in) Lecturer	Zumbrägel	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	9	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie Linear Algebra, Probability Theory	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses		
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The students learn the mathematical foundations of information 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 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. 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 Assessment	Klausur (120 Min.) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Min.). Die Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120 minutes written exam or 30 minutes oral exam. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kreuzer	
Dozent(in) Lecturer	Kreuzer	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algebra und Zahlentheorie I Algebra and Number Theory I	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses		
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden lernen grundlegende Klassen kommutativer Ringe und ihre Eigenschaften kennen. Sie sind mit den Beziehungen diverser ringtheoretischer Eigenschaften untereinander sowie mit zentralen Struktursätzen der kommutativen Algebra vertraut.	

	— 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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 classifying commutative rings according to their structural properties. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden lernen sich in komplexen abstrakten Problemsituationen zurecht zu finden. Sie finden Lösungswege und können ihre Erkenntnisse mit exakten Beweisen untermauern. — The students learn to manage complex abstract problem settings. They find solutions and are capable of substantiating their insights with exact proofs.
Inhalt 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. — 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 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. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard
Literatur Reading list	Nach Ansage in der Vorlesung Announced in the lecture course

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

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

5942	Network Science	PN 482601
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes 2. Sommersemester Usually every 2nd summer semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Granitzer	
Dozent(in) Lecturer	Granitzer	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü	
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vorarbeit und Nacharbeit 45 contact hours + 105 hours exercises, preparation and follow-up	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Data Science	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Keine None	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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: • Basic Graph Theory (Undirected/Directed/Bipartite	

	Graphs, Connectivity, Graph Traversal) • Properties of Social Networks (Strong and Weak ties, Structural Balance, Context in Social Networks, Small World Networks) • Properties of Information Networks (Structure of the Web, Decentralized Search, Navigability of the Networks) • Network Dynamics and Evolution <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students acquire the competencies to analyse network data especially in web-based information systems and use this analysis to understand and refine those information systems.
Inhalt Course content	In particular, the following topics are covered: • Basic Network Theory (Graph Types, Connectivity, Graph Traversal) • Networks (Small World Phenomenon, Strong and Weak Ties, Information Flow, Community Detection) • Analysing the context of social networks (Homophily and Segregation) • Positive and Negative Relationships in Networks • Information Networks (Structure of the Web, Link Analysis and Web Search) • Network Dynamics (Population Models, Information Cascades, Rich-get-richer, Cascading Behavior in Networks, Network Epidemics)
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute written or 20-minute oral examination. The mode of assessment will be announced at the start of the semester.

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

5945	Advanced Topics in Data Science	PN 482603
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Wintersemester Usually every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Granitzer	
Dozent(in) Lecturer	Granitzer	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü	
Arbeitsaufwand Workload	45 Std Präsenz + 105 Std. Übungsaufgaben/Referate, Vor- und Nachbereitung 45 contact hours + 105 hrs exercises, preparation and follow-up	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Data Science	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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). <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 Course content	The following topics will be covered: • Natural Computing • Deep Neural Networks • Representational Learning with Deep Networks including Autoencoder Networks (Denoising, Variational, Sparse), Hopfield Networks, Boltzmann Machines • (Deep) Convolutional Neural Networks • Recurrent Neural Networks • Deep Residual Networks • Deep Reinforcement Learning • Selected Application Areas
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben 90-minute examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester
Medienformen Media used	Tafel, Beamer Blackboard, projector
Literatur Reading list	Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics.

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

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

Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Lectures will be based on books, research papers, surveys and tutorials. Related books include: 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/) Thomas Jansen (2013): Analyzing Evolutionary Algorithms - The Computer Science Perspective, Natural Computing Series, Springer, ISBN 978-3-642-17339-4. 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. 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 PN 455388	
Randomised Algorithms	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Wintersemester Usually every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Sudholt
Dozent(in) Lecturer	Sudholt
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 60 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algorithmen und Datenstrukturen, Einführung in die Stochastik Algorithms and Data Structures, Introduction to Stochastics
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Am Ende der Lehrveranstaltung werden Studierende in der Lage sein, • die Effizienz randomisierter Algorithmen zu analysieren, • Randomisierung als Werkzeug beim Design effizienter

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

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

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

	• die Effizienz von Algorithmen unter Unsicherheiten zu analysieren, • effiziente Algorithmen zu entwerfen, um gezielt mit Unsicherheiten umgehen zu können. — At the end of the course students will be able to • identify and characterize uncertainties in computational problems, • model uncertainties using appropriate techniques, • evaluate the efficiency of algorithms in uncertain environments, • design efficient algorithms to manage and mitigate uncertainty.
Inhalt 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) Algorithmen unter Unsicherheit für grundlegende Optimierungsprobleme (z.B. Online Set-Cover, Steinerbäume, Stochastisches Set-Cover, Konvexe Optimierung) Analyse von Algorithmen unter Unsicherheit (z.B. durch kompetitive Analyse, Kostenanalyse oder Laufzeitanalyse, auch unter Zufall) — 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: Modeling problems under uncertainty (e.g., through linear programs, dualities, relaxations, online settings, learning settings, stochastic methods) Algorithms under uncertainty for fundamental optimization problems (e.g., online set cover, Steiner trees, stochastic set cover, convex optimization) Analysis of algorithms under uncertainty (e.g., through competitive analysis, cost analysis, or runtime analysis, also under randomness)
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 min Klausur oder ca. 30 min mündliche Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute examination or 30-minute oral examination; the ex-

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

5960 Partielle Differentialgleichungen PN 405167 Partial Differential Equations	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wirth
Dozent(in) Lecturer	Mironchenko, Wirth
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 30 Std. Übungen + 75+75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 45 contact hours + 30 hrs exercises + 75+75 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Gewöhnliche Differentialgleichungen Analysis I+II, Linear Algebra I+II, Ordinary Differential Equations
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Nach Beendigung dieser Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, • Fragestellungen der Naturwissenschaften mithilfe von

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

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

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

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

5962 Symbolische Dynamik und Kodierung PN xxxxxx Symbolic Dynamics and Coding	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wirth
Dozent(in) Lecturer	Epperlein
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60+30 Std. Präsenz, 90+90 Std. Eigenarbeitszeit 60+30 contact hours, 90+90 hours independent study
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I+II, Lineare Algebra I+II Analysis I+II, Linear Algebra I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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.

	— 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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 — The following topics will be covered: shift spaces, graphs, codes, entropy, Perron-Frobenius theory, topological Markov chains, cellular automata, classification and decision problems for properties of these systems
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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.
Medienformen Media used	Beamer-Präsentation, Tafel, Vorlesungsskript, Übungsblätter Presentation with projector, blackboard, lecture notes, exercise sheets
Literatur Reading list	D. Lind, B. Marcus: An Introduction to Symbolic Dynamics and Coding. Cambridge University Press, 1995

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

	sung — An overview over methods for the estimation, evaluation and control of approximation errors Classification of problems of differential equations Knowledge of various methods for the numerical solution <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Problemstellungen theoretisch analysieren und geeignete Rahmenbedingungen für numerische Verfahren auswählen. Sie können numerische Verfahren in Bezug auf Anwendbarkeit und Zweckmäßigkeit beurteilen. — 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 Course content	Folgende Themen werden behandelt: • Verfahren für gewöhnliche Anfangs- und Randwertprobleme, • steife Differentialgleichungen, • Standardverfahren für partielle Differentialgleichungen. — The following topics are covered: • Methods for initial value and boundary value problems of ordinary differential equations, • stiff problems, • standard methods for partial differential equations.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Die Prüfung besteht aus zwei Teilleistungen Teilleistung 1 (80%): 120 min Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 min); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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. — The examination consists of two parts 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. Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) on a subject on the numerical solution of differential equations. To pass the examination both parts have to be passed.

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

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

	cal systems on compact state spaces. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Kompetenzen in der selbständigen Bearbeitung von Problemstellungen, Fertigkeiten zur Formulierung und Bearbeitung von theoretischen Fragestellungen mit Hilfe der erlernten Methoden. — Competencies in the independent work on mathematical problems, abilities to formulate and solve theoretical problems by using the acquired methods.
Inhalt Course content	Folgende Themen werden behandelt: Topologische dynamische Systeme, Rekurrenz, symbolische Dynamik, Chaos, topologische Entropie — The following topics are covered: Topological dynamical systems, recurrence, symbolic dynamics, chaos, topological entropy
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute written or oral exam of about 20 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Overhead, Beamer Slides, projector, blackboard
Literatur Reading list	Katok, Anatole Hasselblatt, Boris - Titel: Introduction to the modern theory of dynamical systems Robinson, Clark - Titel: Dynamical systems Guckenheimer, John - Titel: Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields Lasota, Andrzej - Titel: Chaos, fractals, and noise: stochastic aspects of dynamics Amann, Herbert - Titel: Gewöhnliche Differentialgleichungen 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 Topology	PN 485382
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wirth	
Dozent(in) Lecturer	Glück	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30 + 30 Std. Präsenz, 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit 30 + 30 contact hours, 60 + 60 hours independent study	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I, Analysis I + II Linear Algebra I, Analysis I+II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden können • zentrale Begriffe der Analysis wie Stetigkeit und verschiedene Konvergenzarten in topologischer Terminologie wiedergeben und verwenden, • mehrere Beispiele von topologischen Räumen angeben und verschiedene Eigenschaften topologischer Räume anhand dieser Beispiele unterscheiden,	

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

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

5967 Mathematische Systemtheorie PN 482401 Mathematical Systems Theory	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wirth
Dozent(in) Lecturer	Wirth
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 + 30 Std. Präsenz + 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit 60 + 30 contact hours + 90 + 90 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Gewöhnliche Differentialgleichungen Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Ordinary Differential Equations
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der linearen Systemtheorie, wie Kontrollierbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität. 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 — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden sind in der Lage, Regelungssysteme auf Stabilität 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 Riccati Gleichungen. — 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 Course content	Zustandsraumsysteme, Stabilität und Lyapunovfunktionen, Stabilisierung durch Rückkopplung, Polverschiebungssatz, Beobachterentwurf und dynamische Rückkopplung, Eingangsausgangssysteme, Transferfunktionen, Realisierungstheorie, Modellreduktion, Das linear-quadratische optimale Steuerungsproblem, Riccati Gleichungen, Folgeregelung. — 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 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 Media used	Tafel, Beamer, Vorlesungsskript, Übungsblätter Blackboard, projector presentation, lecture notes, exercise sheets
Literatur Reading list	E.D. Sontag: Mathematical Control Theory, Springer-Verlag, New York 1998

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

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

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

	Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen der Architektur und der Leistungsfähigkeit eines Datenbankmanagementsystems. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, für ein konkretes Datenverarbeitungsproblem zwischen einem klassischen Datenbankmanagementsystem und einem SQL-on-Hadoop System zu wählen. — The students are able to choose between a classical database management system and a SQL-on-Hadoop system. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz, eigene Optimierungen für Datenmanagementsysteme zu entwickeln und auch zu implementieren. — The students have the competence to design their own optimizations for data management systems, as well as to implement them.
Inhalt Course content	• Speicherung von großen Datenmengen in BigTable-basierten Systemen wie Hadoop File System (HDFS). • Verarbeitung von großen Datenmengen in MapReduce-basierten Systemen wie Hadoop. • Optimierung der Ausführung von SQL Anfragen auf großen Datenmengen (analog zu Hive und Spark). — • Managing large amounts of data in BigTable-based systems such as Hadoop File System (HDFS). • Processing large amounts of data in MapReduce-based systems such as Hadoop. • Optimized evaluation of SQL queries on large volumes of data (as done in Hive and Spark).
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung: Teil 1: Individuelles Programmierprojekt „miniHive“ in Python Teil 2: 60 min. schriftliche Klausur Die Punkte für die Gesamtnote errechnen sich zu 30% aus Teil

	1 und zu 70% aus Teil 2. Teil 1 muss mindestens mit Note 4,0 (��sreichend") bewertet sein. Portfolio-Prüfung: Part 1: Individual Programming project "miniHive" in Python Part 2: 60-minute written examination The points for the final grade are computed as follows: 30% from part 1, 70% from part 2. Part 1 must be passed with grade 4.0 or better.
Medienformen Media used	Flipped Classroom (Videos im Selbststudium, Vertiefung des Stoffes anhand von Übungsaufgaben im Pr��senzstudium), begleitendes Programmierprojekt (Python) Flipped classroom (videos for self-study, in-class exercises), programming project (Python)
Literatur Reading list	Martin Kleppmann: Designing Data-Intensive Applications, O'Reilly, 2017. Chuck Lam: Hadoop in Action, Manning, 2010. Donald Miner, Adam Shook: MapReduce Design Patterns, O'Reilly, 2012. Edward Capriolo, Dean Wampler, Jason Rutherglen: Programming Hive, O'Reilly, 2012 Anand Rajaraman, Jeffrey Ullman: Mining of Massive Datasets, Cambridge University Press, 2020.

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

	Differentialgleichungen und der zugrundeliegenden Konzepte aus der Funktionalanalysis und Wahrscheinlichkeitstheorie — Basic knowledge on semi-linear stochastic partial differential equations and the underlying concepts from functional analysis and probability theory <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Beherrschung und Anwendung der Grundbegriffe aus der Theorie stochastischer partieller Differentialgleichungen und der zugrundeliegenden Konzepte aus der Funktionalanalysis und Wahrscheinlichkeitstheorie — 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 Course content	Funktionalanalytische Konzepte: Nukleare Operatoren, Hilbert-Schmidt-Operatoren, Diagonaloperatoren auf Hilberträumen, Interpolationsräume für Diagonaloperatoren, Halbgruppen beschränkter linearer Operatoren. Wahrscheinlichkeitstheoretische Konzepte: Banachraumwertige Zufallsvariablen und stochastische Prozesse, unendlich-dimensionale Brownsche Bewegung, stochastische Integration bezüglich unendlich-dimensionaler Brownscher Bewegungen. Stochastische partielle Differentialgleichungen: Lösungskonzepte, Existenz und Eindeutigkeit, Eigenschaften von Lösungen. — Functionalanalytic concepts: Nuclear operators, Hilbert-Schmidt-operators, diagonal operator on Hilbert spaces, interpolation spaces associated with diagonal operators, semi-groups of bounded linear operators. Concepts from probability theory: Banach space valued random variables and stochastic processes, infinite-dimensional Brownian motion, stochastic integration wrt. infinite-dimensional Brownian motion. Stochastic partial differential equations: Types of solutions, existence and uniqueness, properties of solutions.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard
Literatur Reading list	Nach Empfehlung des Dozenten Announced during the lecture

5994 Numerik der Polynom- und rationalen Approximation PN 485383	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Forster-Heinlein
Dozent(in) Lecturer	Forster-Heinlein
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü
Arbeitsaufwand Workload	30+15 Std. Präsenz + 50+55 Std. Eigenarbeitszeit 30+15 contact hours + 50+55 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Vorlesung zur Numerik Linear Algebra I + II, Analysis I + II, lecture on numerics
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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.

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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 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 Assessment	60 min Klausur oder ca. 20 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 60-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the beginning of the semester
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Übungsblätter Presentation, projector, exercise sheets
Literatur Reading list	Lloyd N. Trefethen: Approximation Theory and Approximation Practice. SIAM, 2013

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

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

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

	• Gödel's completeness theorem and the compactness theorem • formal notions of computation and their equivalence • basics of (un)computability theory • representations of computations in formal theories • Gödel's Incompleteness theorems
Inhalt 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 Assessment	Zwei Teilleistungen: Teilleistung 1 (2/3): 120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Teilleistung 2 (1/3): Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema der mathematischen Logik. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden. Examination in two parts: Part 1 (2/3): 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 (1/3): Written work (up to 10 pages) on a subject from Mathematical Logic. To pass the examination both parts have to be passed.
Medienformen Media used	Tafel blackboard
Literatur Reading list	Ziegler, Mathematische Logik, Birkhäuser, 2010. Hils, Loeser, A first journey through logic, Student Mathematical Library 89, AMS, 2019.

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

6021	Mathematische Statistik	PN 451013
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Müller-Gronbach	
Dozent(in) Lecturer	Gilch	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit 60 + 30 hrs presence, 90 + 90 hrs self study	
ECTS Credits	9	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I+II, Einführung in die Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie Analysis I+II, Introduction to Stochastics, Probability theory	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden kennen die grundlegenden mathematischen Konzepte der Statistik und können diese zur formalen Modellierung und Lösung statistischer Probleme anwenden. — Students are familiar with the fundamental mathematical concepts of statistics and can apply them to modeling and solving statistical problems in a formal manner.	

Inhalt Course content	Statistische Beobachtungsmodelle, Parameterschätzung, ML-Schätzfunktionen, Testen von Hypothesen, Konfidenzbereiche, Informationsungleichung, Exponentialfamilien, Statistische Entscheidungsprobleme, Minimax- und Bayes-Lösungen, Suffizienz und Vollständigkeit, Neyman-Pearson-Theorie — Statistical Observation models, parameter estimation, ML estimators, hypothesis testing, confidence intervals, the information inequality, exponential families, statistical decision problems, minimax and Bayesian solutions, sufficiency and completeness, Neyman-Pearson theory
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben. 120 minutes written or 30 minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel, Folien, Beamer Blackboard, slides, projector
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten bekannt gegeben Announced during the lecture

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

	geneity • semantic characterizations of syntactic formula classes • applications to algebraic theories
Inhalt 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 Assessment	120-minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben. 120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	W. Hodges: A shorter model theory. Cambridge University Press, 1997. D. Marker: Model Theory: An introduction. Springer, 2002. K. Tent, M. Ziegler: A course in Model Theory. Cambridge University Press, 2002.

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

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

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

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

Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Overhead, Beamer slides, projector, blackboard
Literatur Reading list	Bekanntgabe durch Dozenten / Announcement by lecturer

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

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

6034 Graphen- und Netzwerkalgorithmen Praktikum PN 451005 Graph and Network Algorithms Lab	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rutter
Dozent(in) Lecturer	Rutter
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“
Lehrform/SWS Contact hours	3Ü
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 135 Std.Vor- und Nachbereitung des Praktikums 45 contact hours + 135 hrs independent study, implementation and discussions with the teams
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Programmierkenntnisse in C oder Java Programming skills in C or Java
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Algorithmen und Datenstrukturen, Effiziente Algorithmen, Algorithmen zur Visualisierung von Graphen Algorithms and Data Structures, Efficient Algorithms, Algorithms for Visualizing Graphs
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse 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. — 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 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 jährlich 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. — 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-world 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. 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. (1) https://mozart.diei.unipg.it/gdcontest/ (2) https://cgshop.ibr.cs.tu-bs.de/ (3) https://pacechallenge.org/
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung. Möglich sind folgende Bestandteile: • Projektbericht • Abschlussvortrag • Quellcode des umgesetzten Projekts • Ggf. Zwischenvorträge, Zwischenberichte Die genauen Bestandteile werden vom Dozenten zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Portfolio exam consisting of the following parts: • Project report • Final presentation • Source code of the project • Possibly intermediate presentations and reports The exact parts will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	Giuseppe Di Battista, Peter Eades, Roberto Tamassia, Ioannis G. Tollis: Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs. Prentice-Hall 1999. Michael Kaufmann, Dorothea Wagner: Drawing Graphs, Methods and Models. Lecture Notes in Computer Science, Springer 2001. Roberto Tamassia: Handbook of Graph Drawing and Visualization, Chapman and Hall/CRC, 2013.

6040 Integraltransformationen PN 451007	
Integral Transforms	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Forster-Heinlein
Dozent(in) Lecturer	Fink
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I + II, Analysis I + II oder äquivalent Linear Algebra I + II, Analysis I + II or equivalent
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Beweistechniken der Integraltransformationen nachvollziehen, sie auf verwandte Probleme aus Anwendungsfragen übertragen und zugehörige Algorithmen bewerten. — The students can comprehend proof techniques of integral transforms, apply them to related problems in applications and evaluate associated algorithms. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz, die Konzepte und Methoden hinter verschiedenen Integraltransformationen zu verstehen und geeignete Verfahren für Anwendungsprobleme auszuwählen und anzuwenden. — Students are able to comprehend the concepts behind various integral transforms and are capable of selecting and applying appropriate methods for application problems.
Inhalt Course content	Inhalt: • Fourier-Reihen • Fourier-Integrale • Diskrete und schnelle Fourier-Transformation • Kontinuierliche und diskrete Wavelet-Transformation • Kontinuierliche und diskrete Shearlet-Transformation — Content: • Fourier series • Fourier integrals • Discrete und fast Fourier transform • Continuous and discrete wavelet transform • Continuous and discrete shearlet transform
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten) Oral exam (about 25 minutes)
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur 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 Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Scherzinger	
Dozent(in) Lecturer	Skopal	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierkenntnisse, Grundlagen von Datenbanken- und Informationssystemen (DBIS I + II), Grundlagen der Programmierung Programming skills fundamentals of databases and information systems (DBIS I + II)	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Objectives</u> The module introduces to models and techniques of multimedia retrieval.	

	<u>Course Outcomes</u> 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. <u>Knowledge & Understanding</u> General knowledge of content-based multimedia retrieval. Detailed pipeline – use case, domain knowledge, feature extraction, retrieval model, indexing, visualization, user feedback, evaluation. <u>Skills & Abilities</u> a) Navigate in different platforms, interfaces, HCI means and use cases for multimedia retrieval. b) Choose a suitable model for the media type and domain; c) Formulate search intent (query, browsing, filtering); d) Use suitable indexing structures for efficient retrieval.
Inhalt Course content	1) Web platforms for retrieval and sharing of multimedia content. 2) Web interfaces, modalities, and the quality of retrieval. 3) Text-based and bag-of-words models. 4) Similarity search model - models and queries. 5) Similarity search model - popular similarity functions. 6) Global image features - analytic models. 7) Global image features - deep learning. 8) Local image features. 9) Multi-modal retrieval. 10) Video retrieval techniques. 11) Feature extraction from audio, music and melody. 12) Principles of metric indexing. 13) Metric access methods. 14) Approximate search methods.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Report and presentation at defence of an individual software project. Grade will be based on this individual project.
Medienformen 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). Slides (PDF), videos recorded for offline use.
Literatur Reading list	Ricardo Baeza-Yates, Berthier Ribeiro-Neto, Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search, Addison-Wesley Professional, 2011. Nicolas Hervé, Nozha Boujemaa: "Image annotation: which

approach for realistic databases?", ACM International Conference on Image and Video Retrieval, 2007.

B. S. Manjunath, Philippe Salembier, Thomas Sikora, Introduction to MPEG-7: Multimedia Content Description Interface, Wiley, 2002.

Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li, James Z. Wang, Image Retrieval: Ideas, Influences, and Trends of the New Age!, ACM Computing Surveys 40: 1, 2008.

K. Selçuk Candan, Maria Luisa Sapino, Data Management for Multimedia Retrieval, Cambridge University Press, 2010.

Zezula, P, Amato, G., Dohnal, V., Batko, M. "Similarity Search: The Metric Space Approach". Springer, 2005. ISBN 0387291466.

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

	— Students learn the fundamental concepts and methods of asymptotic geometric analysis. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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, selbstadjungiert) 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. — 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. The module covers selected topics from • Concentration of measure phenomenon • John ellipsoids and John's theorem • The modern large deviations approach to convex bodies • Dvoretzky's theorem on almost Euclidean subspaces of high-dimensional normed spaces • Kashin's Euclidean decomposition theorem for ℓ_{12n} • s-Numbers of linear operators and their relation to approximation and recovery problems in, e.g., compressed sensing or information-based complexity
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) Oral exam (about 30 minutes)
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet Presentation and projector, blackboard/tablet
Literatur Reading list	S. Brazitikos, A. Giannopoulos, P. Valettas, B.-H. Vritsiou: Geometry of Isotropic Convex Bodies, Mathematical Surveys and Monographs, Volume 196, 2014 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 F. Den Hollander: Large Deviations, Fields Institute Monographs, Volume 14, 2000 S. Arstein-Avidan, A. Giannopoulos, V.D. Milman: Asymptotic Geometric Analysis (Part 1), Mathematical Surveys and Monographs, Volume 202, 2015 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Lemmerich	
Dozent(in) Lecturer	Lemmerich	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung 60 contact hours + 120 hrs independent study and implementation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Python Programming Language, knowledge of basic data analysis as taught in Web Science, Visual Analytics	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students will learn about state-of-the-art problems, methods and tools to study digital trace data on individuals and the society. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students will learn to perform independent case studies on societal and behavioral data.
Inhalt Course content	Computational Social Science refers to a relatively new research area that aims to study social phenomena 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. On these datasets, student groups will perform in teams and under guidance all necessary steps for a case study in computational social sciences: 1. Data collection, exploration and quality assessment of the dataset to be analyzed 2. Formation of an appropriate research question 3. Selection of appropriate analysis methods 4. Data (pre-)processing and modelling 5. Critical assessment of the obtained insights 6. Communication of the results with a blog post and/or a scientific report 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 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. 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. Details on the assessment including count and length of the presentations will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer, Whiteboard Presentation with beamer, whiteboard
Literatur 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. Additional project specific literature will be announced at the

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

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

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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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: • Basics of Representation Learning • Perceptron Learning • Feedforward Neural Networks • Gradient Descent and Backpropagation • Regularization in Deep Learning • Convolutional Neural Networks • Recurrent Neural Networks • Autoencoders • Adversarial Training • Graph Neural Networks • Applications of Deep Learning for Text, Sequences, and Images • Explainability and Deep Learning
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minutes written or 20 minutes oral exam depending on the number of participants. The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer, Whiteboard Presentation with beamer, whiteboard
Literatur Reading list	Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning. MIT press, 2016 Aggarwal, Charu C.: Neural networks and deep learning. Springer 10 (2018): 978-3 Additional literature will be announced at the beginning of the

	semester.
--	-----------

6064	Responsible Machine Learning	PN 471617
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Lemmerich	
Dozent(in) Lecturer	Lemmerich	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung 60 contact hours + 120 h independent study and implementation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Advanced Topics in Data Science und/oder Introduction to AI Engineering, Programmierkenntnisse in Python Advanced Topics in Data Science and/or Introduction to AI Engineering, Python Programming Language	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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). 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 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. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation projector, whiteboard
Literatur Reading list	Molnar, Christoph: Interpretable machine learning, 2nd edition, 2020. Online book available at https://christophm.

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

6070	Markov Chain Monte Carlo	PN 455450
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rudolf	
Dozent(in) Lecturer	Rudolf	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	9	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie Functional Analysis, Probability Theory, Introduction to Stochastics, Measure and Integration Theory	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse 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. — The students acquire a systematic understanding of the theory of Markov chains on general state spaces. 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 Course content	• Motivation zum approximativen Sampling • Theorie von Markovketten • Verschiedene algorithmische Verfahren (z.B. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-run) • Wasserstein-Abstand • Ergodensätze — • Motivation of approximate sampling • Theory of Markov chains • Different algorithmic approaches (e.g. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-Run) • Wasserstein distance • Ergodic theorems
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Präsentation mit Tafel und/oder Beamer Presentation with a projector or blackboard
Literatur Reading list	R. Douc, E. Moulines, P. Priouret, P. Soulier, Markov Chains, Springer, 2018 A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014

6072 Foundations of Statistical Data Science PN 482522	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rudolf
Dozent(in) Lecturer	Rudolf
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra I+II, Analysis I+II Probability theory, Introduction to stochasticity, Measure and integration theory, Linear Algebra I+II, Analysis I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engi- neering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden erwerben Kenntnisse bzgl. der mathema- tischen Modellierung von Daten und deren statistischer Be- handlung. 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. — 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 Course content	Grundkonzepte der statistischen Datenanalyse u.a.: • Elementare statistische Modelle • Statistische Grundlagen • Grafische Methoden • Deskriptive Größen • Schätzmethoden • EM-Algorithmen und/oder stochastisches Gradientenverfahren • Regression • Hidden Markov Modelle • Bayessche Inferenz — Basic concepts of statistical data analysis, inter alia: • Elementary statistical models • Statistical objects • Graphical methods • Descriptive quantities • Estimation methods • EM algorithm and/or Stochastic gradient descent • Hidden Markov models • Bayesian inference
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Präsentation mit Tafel und/oder Beamer und/oder andere virtuelle Formate

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

6073 Stochastische Prozesse PN 405915 Stochastic Processes	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rudolf
Dozent(in) Lecturer	Rudolf
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 90 contact hours + 90 hrs exercises + 90 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra I+II, Analysis I+II Probability theory, Introduction to stochastic, Measure and integration theory, Linear Algebra I+II, Analysis I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse 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. — 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 classify the processes, can work with them theoretically and can formulate as well as prove statements about their characteristics.
Inhalt Course content	Folgenden Inhalte werden besprochen: • Poisson Prozesse • Martingale (zeitdiskret und/oder zeitkontinuierlich) • Markov Prozesse (Brownsche Bewegung und/oder Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen) • Stoppzeiten und starke Markoveigenschaft • Simulationsalgorithmen mit Konvergenzeigenschaften — The following content will be covered: • Poisson processes • Martingales (time-discrete and/or time-continuous) • Markov processes (Brownian motion and/or Markov chains on continuous state spaces) • stopping times and strong Markov property • simulation of processes with convergence properties
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und/oder Beamer und/oder andere virtuelle Formate Presentation with a projector or blackboard or other virtual formats
Literatur Reading list	D. Meintrup, S. Schäffler, Stochastik, Springer, 2005. A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014. R. Douc, E. Moulines, P. Priouret, P. Soulier, Markov chains, Springer 2018

6074	Slice Sampling	PN 465510
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Rudolf	
Dozent(in) Lecturer	Rudolf	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü	
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 55 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 45 contact hours + 50 hrs exercises + 55 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Wahrscheinlichkeitstheorie, Einführung in die Stochastik, Maß- und Integrationstheorie, Lineare Algebra 1 und 2, Ana- lysis 1 und 2 Probability Theory, Introduction to Stochastics, Measure and -Integration Theory, Linear Algebra 1 and 2, Analysis 1 and 2	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master AI Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden lernen grundlegende Konzepte bzgl. Markov- ketten 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. — 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 Course content	• Markovketten auf allgemeinen Zustandsräumen • Totale Variation, Spektrallücke und Wasserstein-Abstand • Simple Slice Sampling • Hybrid Slice Sampling (mit Elliptical-, hit-and-run-, Gibbsian Polar slice sampling) • Bayessche statistische Modelle (logistische-, Poisson-, Gaussche-Regression), Neals Funnel und Multivariate Mixtures — • Markov chains on general state spaces • Total variation distance, spectral gap, Wasserstein distance • Simple slice sampling • Hybrid slice sampling (with elliptical-, hit-and-run- and Gibbsian polar slice sampling) • Bayesian statistical models (logistic-, Poisson-, Gaussian-Regression), Neals Funnel and multivariate mixtures
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Präsentation mit Tafel und/oder Beamer Presentation with a projector or blackboard
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten oder der Dozentin bekannt gegeben Announced by the lecturer

6080	Computational Linguistics	PN 455396
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Sommersemester Usually every summer semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Hautli-Janisz	
Dozent(in) Lecturer	Hautli-Janisz	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Information Retrieval and Natural Language Processing, Data Science oder Data Mining and Machine Learning	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engi- neering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students gain an overview of the main concepts, research questions and methodological frameworks in computational linguistics. The course covers the areas of phonetics, mor- phology, 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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. Topics include: • Phonetics and Speech Signal Processing • Syntactic Parsing • Computational Semantics • Computational Lexical Semantics • Computational Pragmatics • Corpora and Annotation • Lexical Resources • Classification and Clustering • Statistical Tests and Evaluation • Machine Translation • Question Answering • Chatbots & Dialogue Systems

Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90min Klausur 90min written exam
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer Presentation with projector
Literatur Reading list	Speech and Language Processing. 2022. Dan Jurafsky and James Martin, 3rd ed. draft online (https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/) 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) Foundations of Statistical Natural Language Processing. 1999. Chris Manning and Hinrich Schütze. MIT Press (https://nlp.stanford.edu/fsnlp/) For more advanced literature, see lecture slides.

6089 Computational Linguistics Shared Task Lab PN 472810	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Hautli-Janisz
Dozent(in) Lecturer	Hautli-Janisz
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“
Lehrform/SWS Contact hours	4Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums 60 contact hours + 120 h self-study and implementation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Computational Linguistics, Python Programming Language, and Advanced Topics in Data Science or Introduction to AI Engineering
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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. — 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 Assessment	Portfolio. Details on the assessment will be announced at the beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer Presentation with projector
Literatur 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Harks
Dozent(in) Lecturer	Harks
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60+30 Std. Präsenz, 90+90 Std. Eigenarbeitszeit 60+30 contact hours, 90+90 hours independent study and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I+II, Lineare Algebra I+II Analysis I+II, Linear Algebra I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der algorithmischen Spieltheorie. — The students learn the foundations of algorithmic game theory. <u>Fähigkeiten / Abilities</u>

	Die Studierenden können verteilte Systeme mit strategischer Interaktion modellieren und analysieren. Insbesondere algorithmische Zugänge zur Berechnung von Gleichgewichtslösungen werden vermittelt. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden haben die Kompetenz, verteilte Systeme mit strategischer Interaktion zu modellieren, zu bewerten und mit Rechnerunterstützung zu lösen. — The students have the competence to model and algorithmically solve distributed systems with strategically interacting agents.
Inhalt Course content	Nash-Equilibrium, Lemke-Howson, PPAD, PLS, Congestion Games, Pricing, Cooperative Game Theory, Core, Auctions, Mechanism Design
Studien-/Prüfungsleistungen 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. 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 Media used	Tafelanschrieb Blackboard
Literatur Reading list	Skriptum

6103 Distributed Algorithms PN 422150	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Harks
Dozent(in) Lecturer	Ghodselahi, Harks
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Modulgruppe „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz, 60 Std. Übung, 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours, 60 hours independent study, 60 hours lecture and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Interesse an Algorithmik, Kenntnis grundlegender Algorithmen, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie Interest in algorithmis, familiarity with basic algorithms, basics of probability theory
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Core principles of distributed algorithms; Algorithm design and analysis basics; Key concepts in distributed algorithms (e.g., communication, synchronization)

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> Design and analyze distributed algorithms; Solve structured problems using algorithmic thinking; Evaluate algorithm performance and limitations <u>Kompetenzen / Competencies</u> Apply distributed algorithms to practical systems; Choose appropriate approaches for real-world problems; Work independently on algorithmic problem-solving tasks
Inhalt Course content	Vertex Coloring, Tree Algorithms, Distributed Sorting, Maximal Independent Set, Shared Objects, Locality-Based Lower Bounds, Synchronizers, Dynamic Networks
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Exam (120 minutes) or oral exam (30 minutes); the exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester.
Medienformen Media used	Tafelanschrieb Blackboard
Literatur Reading list	Distributed Computing: A Locality-Sensitive Approach / D. Peleg Distributed Computing: Fundamentals, Simulations and Advanced Topics / H. Attiya, J. Welch

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

	from a computational perspective. They also understand models with strategic acting agents. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — The students have the competence to model and algorithmically solve dynamic network flows with and without strategically interacting agents.
Inhalt 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 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. 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 Media used	Tafelanschrieb Blackboard, (videos in case of virtual lecture)
Literatur Reading list	Skriptum

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

Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen Techniken, die man für den Entwurf und die Analyse geometrischer Algorithmen und Datenstrukturen benötigt. — The students know techniques that can be used to design and analyze geometric algorithms and data structures. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Verfahren und Datenstrukturen exemplarisch ausführen, deren Funktionsweise erläutern und sie analysieren. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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. — 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 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. 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. — 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. 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 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. 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 Media used	Tafelanschrieb Blackboard, (videos in case of virtual lecture)
Literatur Reading list	Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, Mark Overmars: Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag, 3rd edition, 2008. Rolf Klein: Algorithmische Geometrie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Springer-Verlag, 2nd edition, 2005.

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

	— Students obtain a deeper understanding of classical limit theorems in probability and learn the fundamental concepts and methods of large deviations theory. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie, speziell der Theorie der großen Abweichungen, bei konkreten Fragestellungen anzuwenden. — 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 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. Das Modul beinhaltet Elemente aus: • Kolmogorovs L1-Version des SGGZ • Lindebergs Zentraler Grenzwertsatz • Lindeberg Methode • Legendre Transformation • Kumulantenerzeugende Funktion • Satz von Cramér • Satz von Cramér (heavy tails Version)

	• Prinzipien großer Abweichungen • Kontraktionsprinzip • Varadhans Variationslemma • Satz von Sanov • Anwendungen in Funktionalanalysis, theoretischer Informatik — 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. The module covers elements from: • Kolmogorov's L1 version of the SLLN • Lindeberg's central limit theorem • Lindeberg's method • Legendre transformation • Cumulant generating function • Cramér's theorem • Cramér's theorem (heavy tails version) • Large deviation principles • Contraction principle • Varadhan's variational lemma • Sanov's theorem • Applications in functional analysis, theoretical computer science
Studien-/Prüfungsleistungen 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. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet Presentation and projector, blackboard/tablet
Literatur Reading list	J. Prochno: Classical limit theorems & large deviations, Lecture notes, 2020 F. Den Hollander: Large Deviations, Fields Institute Monographs, Volume 14, 2000 A. Dembo, O. Zeitouni: Large Deviations Techniques & Applications, Springer, 2010

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

	— The students know fundamental concepts and statements of information-based complexity and are aware of the workings of compressed sensing. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden von “Information-based Complexity” und “Compressed Sensing” bei konkreten Fragestellungen anzuwenden. — The students are able to apply concepts and methods of information-based complexity and compressed sensing to concrete problems.
Inhalt 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: • Grundlagen der “Information-based complexity” • Numerische Integration und Approximation • Lineare Algorithmen und lineare Probleme • “Compressed sensing” und “sparse approximation” • “Restricted Isometry Property” • (Gauss’sche) Zufallsmatrizen und Maßkonzentration — 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: • Information-based complexity basics • Numerical integration and approximation • Linear algorithms and Linear problems • Compressed sensing and sparse approximation • Restricted Isometry Property • (Gaussian) random matrices and concentration of measure
Studien-/Prüfungsleistungen 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. 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 Media used	Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet Presentation and projector, blackboard/tablet
Literatur Reading list	Skript / lecture notes Weiterführende Literatur wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben Additional reading material will be announced at the start of the semester

6120	Principles of AI Engineering	PN 455410
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Herbold	
Dozent(in) Lecturer	Herbold	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Software Engineering, Introduction to AI Engineering	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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 gegebenen 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. — 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 Course content	Dieses Modul behandelt die Themen: • Requirements Engineering für Systeme mit KI Komponenten • Architektur und Design von Systemen mit KI Komponenten • KI Pipelines • Testen von KI Komponenten • Datenqualität • Continuous Deployment und MLOps • Verantwortungsbewusstes entwickeln von KIs • Ethische und regulatorische Aspekte von KIs — This module covers the following topics: • Requirements engineering for systems with AI components • Architecture and design of systems with AI components • AI/ML pipelines • Testing of AI components • Data quality • Continuous deployment and MLOps • Responsible development of AIs • Ethical and regulatory aspects
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio: Bearbeitung eines Semesterprojekts, nachgewiesen durch eine ca. 10-minütiges Kolloquium mit Präsentation und einen ca. 2-seitigen schriftlichen Bericht der eigenen Projektergebnisse am Semesterende. 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.

	— Portfolio: 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. 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 Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben

6123 Deep Learning for Natural Language and Code PN 472700	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Herbold
Dozent(in) Lecturer	Herbold
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 75 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 75 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Introduction to Deep Learning
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engi- neering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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 to select suitable methods for a given problem. They know the limitations of the models and can evaluate their performance.
Inhalt Course content	Dieses Modul behandelt die Themen: • Typische Aufgaben der Textverarbeitung • Word embeddings und Recurrent Neural Networks • Transformer und Pre-training • Encoder-only Modelle • Decoder-only Modelle • Encoder-decoder Modelle • Domainspezifische Modelle • Embeddings für Code • Transformer für Code • Multimodale Modelle — This module covers the following topics: • Typical tasks for language and code processing • Word embeddings and recurrent neural networks • Transformers and pre-training • Encoder-only models • Decoder-only models • Encoder-decoder models • Encoder-decoder models • Domain-specific models • Embeddings for code • Transformers for code • Multimodal models
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute written or 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard

Literatur Reading list	Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben Will be announced at the beginning of the lecture

6131	Extremal Combinatorics	PN 482213
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Glock	
Dozent(in) Lecturer	Glock	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I, Graphentheorie Linear Algebra I, Graph Theory	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The students will be able to apply various tools and techniques to solve extremal problem for graphs and sets.	
Inhalt 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-	

	probabilistic 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 Assessment	120min schriftliche Klausur oder mündliche Klausur (ca. 30min). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120-minute examination or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	Extremal Combinatorics by Stasys Jukna The probabilistic method by Joel Spencer and Noga Alon

6132	Random Graphs	PN 422140
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Glock	
Dozent(in) Lecturer	Glock	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30+30 Std Präsenz, 90 Std Nacharbeitungszeit 30+30 contact hours, 90 hours independent study	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Graphentheorie, Einführung in die Stochastik Graph Theory, Introduction to Stochastics	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses		
Angestrebte Lernergebnisse 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 Course content	The course covers the following topics: • The binomial random graph model • Concentration inequalities	

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

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

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

6136 Algebraische Kombinatorik PN xxxxxx	
Algebraic Combinatorics	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Glock
Dozent(in) Lecturer	Petr
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „ADS“ Focus „ADS“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hours exercises + 60 hours independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I+II, Grundlagen der Graphentheorie Linear Algebra I+II, Basics of Graph theory
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden erwerben Fachwissen über die algebraische Kombinatorik. Sie kennen wichtige Definitionen, Theoreme und deren Beweise.

	— The students acquire expertise on Algebraic Combinatorics. They know important definitions, theorems and their proofs. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, konkrete theoretische Fragestellungen, die einen engen Bezug zum Vorlesungsstoff haben, zu lösen. Sie können längere mathematische Texte zu verwandten Themen verfassen. — The students have the ability to solve specific theoretical problems closely related to the lecture material. They can write longer mathematical texts on related topics. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz, Lösungsstrategien für komplexe Fragestellungen der algebraischen Kombinatorik zu entwickeln. — The students have the competence to develop strategies for solving complex problems from Algebraic Combinatorics.
Inhalt Course content	• Anwendungen der linearen Algebra in der Kombinatorik • Spektrale Graphentheorie • Polynommethode • Young-Tableaux — • Applications of Linear Algebra in Combinatorics • Spectral graph theory • Polynomial method • Young Tableaux
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Die Prüfung besteht aus zwei Teilen: Teil 1 (80%): mündliche Prüfung (30 Minuten) Teil 2 (20%): ein Essay (ca. 10 Seiten) über ein Thema der algebraischen Kombinatorik. The examination consists of two parts: Part 1 (80%): oral examination (30 minutes) Part 2 (20%): a written work (about 10 pages) on a topic from algebraic combinatorics.
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard

Literatur Reading list	R. Stanley: Algebraic Combinatorics D. Cvetković, P. Rowlinson, S. Simić: An Introduction to the Theory of Graph Spectra J. Matoušek: Thirty-three Miniatures

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

	sen zu klassifizieren. • theoretische Resultate zur Struktur dieser Komplexitätsklassen. — The course offers an introduction to the P versus NP problem and its surrounding theory. Students learn • to estimate algorithmic resources like runtime, memory, nondeterminism, alternation or randomness of algorithms. • to classify computational problems according to their inherent complexity and via complexity classes. • theoretical results concerning the structure of these complexity classes.
Inhalt 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 Assessment	Schriftliche Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	Arora, Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1995.

6142 Fortgeschrittene Komplexitätstheorie Advanced Computational Complexity Theory		PN 472710
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Müller	
Dozent(in) Lecturer	Müller	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „LG“ Focus „LG“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungen, Nachbereitung der Vorlesung, Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 120 hrs Exercises, independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Komplexitätstheorie oder Theoretische Informatik II Computational Complexity Theory or Theoretical Computer Science II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse 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 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. 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 Assessment	Je nach Teilnehmerzahl mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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 Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	Arora, Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009.

6143	Constraint Satisfaction Problems	PN 472720
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Müller	
Dozent(in) Lecturer	Gaysin	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „LG“ Focus „LG“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungen, Nachbereitung der Vorlesung, Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 120 hrs Exercises, independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Komplexitätstheorie oder Theoretische Informatik II Computational Complexity Theory or Theoretical Computer Science II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse 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 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). 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 Assessment	Mündliche Prüfung, ca. 30 Minuten. Oral examination, ca. 30 minutes.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	-

6145 Fortgeschrittene Modelltheorie Advanced Model Theory		PN 455470
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kaiser, Müller	
Dozent(in) Lecturer	Kaiser, Müller	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „LG“ Focus „LG“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30 + 30 Std. Präsenz + 60 + 60 Std. Eigenarbeitszeit 30 + 30 contact hours + 60 + 60 hrs independent study	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Mathematische Logik, Modelltheorie, Algebra Mathematical Logic, Model Theory, Algebra	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Working knowledge of • abstract properties of axiom systems to analyze their type spaces and the class of their models • a general concept of dimension • the theory of uncountably categorical theories • applications to algebra	

Inhalt 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 Assessment	120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben 120-minute written or 30-minute oral examination, the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	W. Hodges: A shorter model theory. Cambridge University Press, 1997. D. Marker: Model Theory: An introduction. Springer, 2002. K. Tent, M. Ziegler: A course in Model Theory. Cambridge University Press, 2002

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

	— 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz, komplexe mathematische Konzepte in einem Anwendungsgebiet praktisch umzusetzen. — The students have the competence to provide a practical realization of complex mathematical concepts in the context of an application.
Inhalt 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 Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute written or approximately 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Natterer, Computed Tomography Helgason, Todd Quinto, Inverse Problems

6200 Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion Camera Calibration and 3-D Reconstruction		PN 455395
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Jahr Every year	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Hanning	
Dozent(in) Lecturer	Hanning	
Sprache Language of instruction	Deutsch German	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 30 contact hrs. + 60 hrs. lecture follow-up and exam preparation	
ECTS Credits	3	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I + II, Lineare Algebra I + II oder äquivalent Analysis I + II, Linear Algebra I + II or equivalent	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können die Parameter der Kameraabbildung bestimmen und 3D-Rekonstruktionsprobleme lösen. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden können Algorithmen zur Kamerakalibrierung und 3D-Rekonstruktion implementieren, bewerten und sind in der Lage die Genauigkeitsgrenzen abzuschätzen.
Inhalt Course content	Die projektive Vervollständigung des R^2 Anwendung: Kalibrierung eines Laserlichtschnittsensors Die projektive Vervollständigung des C^2 und C^3 Das Lochkameramodell mit Verzeichnungen Projektive Formulierung des Lochkameramodell Kamerakalibrierung • Herleitung notwendiger Bedingungen aus der projektiven Formulierung des Lochkameramodells • Fehlerfunktion des nicht-linearen Optimierungsproblems 3D-Rekonstruktion • Monokulare 3D-Rekonstruktion • Das Stereokameramodell • Epipolarbedingungen • 3D-Rekonstruktion aus Stereobilddaten
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90-minute written examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer Presentation and projector
Literatur Reading list	Skript Hartley, Zisserman, „Multiple View Geometry“

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

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

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

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

6206	Data on the Web	PN 455417
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Scherzinger	
Dozent(in) Lecturer	Nečaský	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Datenbanken und Informationssysteme, Algorithmen und Datenstrukturen, Web und Data Engineering Databases and Information Systems, Algorithms and Data Structures, Web and Data Engineering	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 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 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. Teil 2: Eine benotete 60minütige schriftliche Klausur, die die Terminologie und theoretischen Prinzipien prüft. Die Punkte für die Endnote werden wie folgt berechnet: Teil 1 wird als bestanden/unbestanden gewertet und muss bestanden werden. Teil 2 wird mit einer Note bewertet. 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. Part 2: A graded 60-minute written examination of terminology and theoretical principles. The points for the final grade are computed as follows: Part 1 is pass/fail, and must be passed. Part 2 is graded.
Medienformen 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 Lectures, presentation and demonstrations with a projector, blackboard, practical seminar, demonstrations with a projector, students work on exercises using their own laptops
Literatur 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 Bob DuCharme. Learning SPARQL: Querying and Updating with SPARQL 1.1. O'Reilly Media, Inc. 2013 Panos Alexopoulos. Semantic Modeling for Data. O'Reilly Media, Inc. 2020 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wirth
Dozent(in) Lecturer	Wirth
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60+30 Std. Präsenz + 90+90 Std. Eigenarbeitszeit 60+30 contact hours + 90+90 hours lecture and tutorials follow-up and exam preparation
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I + II, Analysis I + II, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Optimierung <i>oder</i> Mathematik in Technischen Systemen I – III sowie Mathematische Systemtheorie — Linear Algebra I+II, Analysis I+II, Ordinary Differential Equations, Optimization <i>or</i> Mathematics in Technical Systems I-III and Mathematical Systems Theory
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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 Course content	Datenkompression, Hauptkomponenten-Analyse, Gruppierung, Lloyd Algorithmus, Support-Vector Machines, Kernel-Trick, Eigensystem-Realisierungsalgorithmus. Beobachter-Kalman Filter Identifikation. Zusammenhang zwischen Systemidentifikation und der Koopman Operatortheorie. Datenbasierte Regelung, linear-quadratische optimale Steuerung, Dateninformativität, Semi-Definite Programme, stochastische Gradientenverfahren — Dimensionality reduction, principal component analysis, clustering, Lloyd's algorithm, support vector machines, kernel trick, eigensystem realization algorithm. Connection between system identification and Koopman operator theory, observer-Kalman filter identification. Data-driven linear-quadratic regulator problem, data informativity, semi-definite programming, stochastic gradient descent

Studien-/Prüfungsleistungen 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 beginning of the semester
Medienformen Media used	Tafel, Beamer, Vorlesungsskript, Übungsblätter Blackboard, projector presentation, lecture notes, exercise sheets
Literatur Reading list	S.L. Burton, J.N. Kutz: Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems and Control, Cambridge University Press, 2019. De Persis, C., Tesi, P.: Formulas for Data-Driven Control: Stabilization, Optimality and Robustness, IEEE Transactions on Automatic Control 65 (3): 909 – 924, 2020. 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Scherzinger	
Dozent(in) Lecturer	Škoda	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Datenbanken und Informationssysteme Undergraduate database course	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse 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 Course content	Introduction, organisation of the course. Data storage, HDD, SSD, RAID File organisation Hashing in internal and external memory Hierarchical indexing, B-trees Spatial databases Distributed databases
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Part 1: 30-minute, written single-choice assessment of terminology and theoretical principles Part 2: 60-minute written examination, assessing practical problem-solving skills The points for the final grade are computed as follows: Part 1 is pass/fail, and must be passed. Part 2 is graded.
Medienformen Media used	Tafel, Projektor Blackboard, projector
Literatur Reading list	Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke: Database management systems (3. ed.). McGraw-Hill 2003. Ausgewählte Forschungsartikel / selected research articles.

6212	Modern Database Systems	PN 472770
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Scherzinger	
Dozent(in) Lecturer	Hobulova	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 50 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 50 hrs exercises + 70 hrs independent study and exam preparation	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Datenbanken und Informationssysteme Databases and Information Systems	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The aim of the course is to provide an 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 Course content	The following topics are covered: • Relational data model, relational databases. Historical overview of alternative data models and database systems. • Introduction to Big Data (history, features, data models). • Basic principles of Big Data Management (CAP Theorem, distribution, scaling, replication, transactions in a distributed environment, ...). • Overview and classification of database systems and technologies for efficient management and processing of Big Data. • Distributed file systems. • MapReduce - principle, properties, critique, alternative approaches. • NoSQL databases (key / value, column, document). • Graph data and graph databases. • Data with multiple models. Multi-model databases. Polystores. • SQL language in the world of Big Data. NewSQL database. • Other types of modern databases (array databases, ...).
Studien-/Prüfungsleistungen 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. Teil 2: Eine benotete 60-minütige schriftliche Klausur, die die Terminologie und theoretische Prinzipien prüft. Die Punkte für die Endnote werden wie folgt berechnet: Teil 1 wird als bestanden/unbestanden gewertet, und muss bestanden werden. Teil 2 wird mit einer Note bewertet. 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. Part 2: A graded 60-minute written examination of terminology and theoretical principles. The points for the final grade are computed as follows: Part 1 is pass/fail, and must be passed.

	Part 2 is graded.
Medienformen Media used	Tafel, Projektor Blackboard, projector
Literatur Reading list	Pramod J. Sadalage - Martin Fowler: NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence Eric Redmond - Jim R. Wilson: Seven Databases in Seven Weeks: A Guide to Modern Databases and the NoSQL Movement Sherif Sakr - Eric Pardede: Graph Data Management: Techniques and Applications Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, Google, Inc. Hadoop: The Definitive Guide, by Tom White, 2nd edition, Oreilly's, 2010 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 Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Harks
Dozent(in) Lecturer	Ghodselahi
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AAO“ Focus „AAO“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 60 hrs independent study and exam preparation
ECTS Credits	6
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Artificial Intelligence Engineering Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engi- neering
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Erwerb von Kenntnissen über Online- und Approximationspro- bleme sowie deren praktische Anwendung. — Acquire an understanding of online and approximation pro- blems, along with their practical applications.

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

6217 Stochastische Prozesse auf Graphen und Gruppen PN 455490 Stochastic Processes on Graphs and Groups	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Müller-Gronbach
Dozent(in) Lecturer	Gilch
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „FAS“ Focus „FAS“
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60+30 Std. Präsenz, 120+60 Std. Eigenarbeitszeit 60+30 contact hours, 120+60 hours independent study
ECTS Credits	9
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I, Analysis I, Einführung in die Stochastik Linear Algebra I, Analysis I, Introduction to Stochastics
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse 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. — 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 Course content	In dieser Vorlesung werden die mathematischen Grundlagen einiger wichtiger stochastischer Prozesse behandelt: • Perkolation auf Graphen (Existenz und Anzahl unendlicher Cluster) • Galton-Watson Prozesse (Aussterbewahrscheinlichkeiten) • Entropie von stationären stochastischen Prozessen (Shannon-McMillan-Breiman Theorem) • Irrfahrten auf Gruppen und deren asymptotische Eigenschaften (Geschwindigkeit, Entropie, Subadditiver Ergodensatz) • Verzweigende Irrfahrten auf Cayley-Graphen — This lecture covers the mathematical foundations of some important stochastic processes, namely: • Percolation on graphs (existence and number of infinite clusters) • Galton-Watson processes (extinction probabilities) • Entropy of stationary stochastic processes (Shannon-McMillan-Breiman theorem) • Random walks on groups and their asymptotic properties (speed, entropy, subadditive ergodic theorem) • Branching random walks on Cayley graphs
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	120 minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 120 minute written or 30-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard
Literatur Reading list	T. Cover & J. Thomas: Elements of Information Theory, Wiley, 2019. R. Durrett: „Probability. Theory and Examples. (Fourth Edition)“, Cambridge University Press, 2010. G. Grimmett: Percolation, Springer, 1999. W. Woess: Random Walks on Graphs and Groups, Cambridge University Press, 2000. W. Woess: Denumerable Markov Chains, European Math. Society, 2009.

30900 Financial Engineering and Structured Finance PN 262200	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Entrop (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	Entrop
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hours lecture follow-up and exam preparation
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Introductory module in Finance; further (Bachelor) Finance modules are an advantage
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Business Administration, Master International Economics and Business
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students who have successfully completed the module, • 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. • recognize and assess possible applications of different financial instruments and their risk structure. • quickly transfer their knowledge to the valuation of innovative financial instruments. • 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 Course content	• Equities: options (value limits, single and multi-period binomial trees, Black/Scholes, European and American derivatives) • Equities: certificates and structured products (market overview, index certificates, reverse convertibles, discount certificates, quanto certificates, etc.) • Fixed income: spot market and symmetric derivatives (yield curve estimation, swaps, forwards, futures) • Fixed income: interest rate and bond options (caps, floors, Black model, yield curve models such as Vasicek and Cox/Ingersoll/Ross) • 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.) • 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) • Reduced form models • Asset backed securities (ABS, CLOs etc), credit default swaps and other credit derivatives
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
	Interactive lecture and exercise class
Hull, John C.: Options, Futures and other Derivatives, any newer edition. More literature is recommended in class.	Literatur Reading list

30902	Quantitative Methods in Finance	PN 261070
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Gewöhnlich Jedes Semester Usually every semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Entrop (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Entrop	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse 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. 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 Applicability for other courses	Master Business Administration, Master International Economics and Business	

Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students who have successfully completed the module • explain and interpret key quantitative methods that are very frequently used in finance and related fields to solve business management issues. • assess the possibilities and limitations of the methods. • apply the methods in a targeted manner using Stata and VBA. • develop solution concepts based on the methods to answer complex business management questions.
Inhalt Course content	• Einführung in die empirische Analyse von Finanzdaten • Querschnitts-, Zeitreihen- und Panelregressionen in Stata • Logit- und Probit-Regressionen in Stata • Stata-Programmierung und -Automatisierung sowie erweiterte Befehle • Numerische Methoden in VBA • Bewertung von Derivaten mittels Simulation in VBA • Introduction to empirical analysis of financial data • Cross-sectional, time series and panel regressions in Stata • Logit and probit regressions in Stata • Stata programming and automation as well as advanced commands • Numerical methods in VBA • Valuation of derivatives using simulation in VBA
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen 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. 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 Reading list	Skript wird in StudIP zur Verfügung gestellt. Weiterführende Literaturhinweise in der Veranstaltung.

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

	and apply methods of external performance measurement, • identify and interpret capital market-oriented methods for internal corporate management and capital allocation and characterize the possibilities and limitations of the methods, • identify and interpret the theoretical foundations of optimal corporate risk policy and implement specific risk reduction decisions using the appropriate financial instruments.
Inhalt 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), • Determinanten der Aktienkursperformance (Grundlegende Performancemaße, Mehrfaktorenmodelle, Size- und Value-Faktoren, weiterführende Faktoren wie Liquidität), • risikoorientierte Steuerungskonzepte bei Unternehmen (RORAC, RAROC, optimale Kapitallokation bei verschiedenen Zielgrößen), • optimale Risikopolitik und Hedging (Grundlagen, Fremdwährungsrisiken, Hedging von Währungsrisiken, Risikopolitik bei vollkommenen Märkten, Risikopolitik und optimale Kapitalstruktur, empirische Evidenz: Unternehmenswert und Risikopolitik bei Währungsrisiken) • 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), • Determinants of stock price performance (basic performance measures, multifactor models, size and value factors, advanced factors such as liquidity), • Risk-oriented corporate management concepts (RORAC, RAROC, optimal capital allocation for different target values), • Optimal risk policy and hedging (basics, foreign currency risks, hedging of currency risks, risk policy for perfect and imperfect markets, risk policy and optimal capital structure, empirical evidence: company value and risk policy for currency risks)

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

33860	Marktforschung	PN 200514
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Totzek (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Totzek	
Sprache Language of instruction	Deutsch German	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 90 Std. Eigenarbeitszeit 30 contact hours + 90 hours independent study	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse 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 Applicability for other courses	Master Business Administration, Master International Economics and Business	
Angestrebte Lernergebnisse 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: • einen Überblick über den Prozess der Marktforschung haben und in der Lage sein, kritisch über die zentralen Problemstellungen auf den einzelnen Prozessstufen zu reflektieren. • selbstständig eine Primär- oder Sekundärdatenerhebung planen und durchführen können. • Hypothesen zur Struktur von Daten sowie Hypothesen zu linearen und komplexen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Variablen testen können. • selbstständig einfache und fortgeschrittene multivariate Analyseverfahren anwenden können.
Inhalt Course content	Das Modul behandelt insbesondere folgende Themen: • Bedeutung der Marktforschung für Marketingentscheidungen • Prozess der Marktforschung und Diskussion zentraler Problemstellungen • Konzeption und Durchführung von Befragungen, Experimenten und Studien auf Grundlage von Sekundärdaten • Grundlegende statistische Analyseverfahren • Messmodelle • Moderations- und Mediationseffekte • Fortgeschrittene statistische Analyseverfahren
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen Media used	Interaktiver Frontalunterricht.
Literatur Reading list	Basisliteratur: Herrmann, A., Homburg, Ch., Klarmann, M. (2008, Hrsg.), Handbuch Marktforschung, 3. Aufl., Wiesbaden. Homburg, Ch. (2015), Marketingmanagement, 5. erw. Aufl., Wiesbaden. Ausgewählte Aufsätze als Pflichtlektüre. Weitere Literaturhinweise werden zu Veranstaltungsbeginn gegeben.

35550	Topics in Applied Econometrics	PN 271030
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Gewöhnlich im Wintersemester Usually every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Haupt / Schnurbus	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30+30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Empfohlen nach Mastervorlesungen zur Einführung in die Statistik/Ökonometrie. Recommended after introductory master's courses in statistics/econometrics.	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business	
Angestrebte Lernergebnisse 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 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 Assessment	Schriftliche Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen Media used	Tafel, Diskussion von Vorlesungsinhalten, Moderierte Erarbeitung von Übungsinhalten und Fallstudien am PC Blackboard
Literatur Reading list	Literature will be announced at the start of the semester.

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

	mics and Business, Master Information Systems
Angestrebte Lernergebnisse 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 Course content	Zentraler Gegenstand ist die Schätzung von Regressionsmodellen für Paneldaten. 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 Assessment	Schriftliche Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen Media used	Tafel, die Theorie wird auch anhand von Beispielen in der Statistiksoftware R illustriert. Blackboard
Literatur Reading list	Basisliteratur (andere Auflagen dieser Bücher sind ebenfalls verwendbar): Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5A., South-Western. Stock, J.H. und M.W. Watson (2007), Introduction to Econometrics, 2A., Pearson. Greene, W.H. (2012), Econometric Analysis, 7A., Pearson. Weiterführende Literatur: Baltagi, B.H. (2013), Econometric Analysis of Panel Data, 5A., Wiley. Wooldridge, J. (2002), Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data, MIT Press. Arellano, M. (2004), Panel Data Econometrics, Oxford University Press. 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 Frequency of course offering	Gewöhnlich im Wintersemester Usually every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester (block course)	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Haupt (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Haupt / Schnurbus	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 60 hours lecture follow-up and exam preparation	
ECTS Credits	3	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Grundlegende Statistikkenntnisse 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 Applicability for other courses	Master Artificial Intelligence Engineering, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik 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 understand-	

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 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. 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 Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes) R-skills are certified via a certificate when the final exam is passed.
Medienformen Media used	Block course in pc pool
Literatur Reading list	Kleiber, C. & Zeileis, A. (2008), Applied Econometrics with R, Springer Field, A. & Miles, J. & Field, Z. (2012), Discovering Statistics using R, SAGE Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5Ed., South Western Greene, W.H. (2012), Econometric Analysis, 7Ed., Pearson Ligges, U. (2008), Programmieren mit R, Springer

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

Angestrebte Lernergebnisse 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 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 Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes) R-skills are certified via a certificate when the final exam is passed.
Medienformen Media used	Block course in pc pool
Literatur Reading list	Kuhn, M. & Johnson, K. (2013), Applied Predictive Modeling, Springer Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2009), The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, 2Ed., Springer Efron, B., Hastie, T. (2016), Computer Age Statistical Inference, Cambridge University Press Torgo, L. (2017), Data Mining with R: Learning with Case Studies, 2Ed., CRC Press James, G., Witten, D., Hastie, T & Tibshirani, R. (2015), An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R, Springer

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

	modern econometrics. • to understand regression estimation and inference methods and their basic interpretations • to apply the acquired methods and principles to data-based problems • to perform econometric analyses and will know the underlying mathematical assumptions and the corresponding statistical properties of important regression-based testing and estimation procedures. • to critically assess empirical results, identify potential pitfalls, falsify statements while quantifying the underlying uncertainty, and develop and interpret sound simple models.
Inhalt Course content	Kurs ist Basis der Masterausbildung im Bereich der Regressions- und Testverfahren für Querschnittsdaten. Themen sind u.a.: • Kurze Wiederholung der Inhalte einer Einführung in die Ökonometrie. • Tiefergehende Interpretationen der Kleinst-Quadrate (KQ) Methode und deren statistische Eigenschaften • exakte versus asymptotische Methoden • generalisierte KQ Verfahren • Modellvalidierung- und -spezifikationsverfahren
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen Media used	Tafel Die Theorie wird auch anhand von Beispielen in der Statistiksoftware R illustriert. Blackboard
Literatur Reading list	Stock J.H. & M.M.Watson (2019) Introduction to Econometrics. 4e. Pearson. Angrist J.D. & J.S. Pischke (2009) Mostly Harmless Econometrics. Princeton Univ. Press. Hansen, B. (2022), Econometrics. Princeton Univ.Press. Wooldridge, J. (2019), Introductory Econometrics, 7e. Cengage

35780	Advanced Data Analytics	PN 261004
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	In der Regel jedes Wintersemester Usually every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Haupt, Fritsch	
Dozent(in) Lecturer	Fritsch	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIDS“ Focus „AIDS“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungs- stoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 120 hours independent study	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Fundamentals of Business Analytics, understanding of regres- sion methods and model evaluation (e. g., via Econometric Methods), basic knowledge of R statistical software	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Artificial Intelligence Engineering	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The objective of the course is to provide participants with a sound understanding of some of the fundamental principl- es and methods in statistical learning/machine learning and enable the students to make decisions about the preferred modeling technique in empirical practice. Implementation, in- terpretation, 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 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 Assessment	End-of-semester written exam, 60 min., or home performance assessment, 100%.
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	In addition to the sources mentioned in the lecture, among others. Efron, B., & T. Hastie (2016). Computer age statistical inference: Algorithms, evidence, and data science. New York: Cambridge University Press, https://doi.org/10.1017/CB09781316576533 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 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 Kuhn, M., & K. Johnson (2013). Applied predictive modeling. New York: Springer, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3

35787 Foundation of Econometrics PN xxxxxx	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Haupt
Dozent(in) Lecturer	Haupt
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „A“ Focus „A“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	30+30 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 90 hours lecture follow-up and exam preparation
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Prerequisites and contents of the course Econometric Methods
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Business Administration, Master International Economics and Business
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students who have successfully completed the module are able: • to give a systematic overview of the core principles of modern econometrics • to understand regression estimation and inference methods and their statistical structure and interpretations

	• to apply the acquired methods and principles to data-based problems • to perform econometric analyses and will know the underlying mathematical assumptions and the corresponding statistical properties of important regression-based testing and estimation procedures • to critically assess empirical results, identify potential pitfalls, falsify statements while quantifying the underlying uncertainty, and develop and interpret sound simple models.to give a systematic overview of the core principles of modern econometrics.
Inhalt Course content	This module provides an in-depth exploration of several core methods in modern econometrics, building on their underlying statistical and mathematical concepts. The following topics are covered: regression-based estimation, testing, and forecasting methods; regression modeling with heteroscedastic and dependent data; diagnosis of regression results; simulation-based methods.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes)
Medienformen Media used	Tafel Blackboard
Literatur Reading list	Stock J.H. & M.M.Watson (2019) Introduction to Econometrics. 4e. Pearson. Hansen, B. (2022), Econometrics. Princeton Univ.Press. Wooldridge, J. (2019), Introductory Econometrics, 7e. Cengage Davidson, R. & J.G. MacKinnon (2009) Econometric Theory and Methods, Oxford Univ. Press.

90200/90220 Deutsch als Fremdsprache PN 510175, 510176	
German as a Foreign Language	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Hinweis: Vorlesungsnummer wechselt je nach Semester und Level Every Semester Notice: Lecture number changes depending both on the semester & level
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Wird vom Sprachenzentrum festgelegt / Set by the Language Centre
Dozent(in) Lecturer	Wird vom Sprachenzentrum festgelegt / Set by the Language Centre
Sprache Language of instruction	Deutsch German
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „OS“ Focus „OS“
Lehrform/SWS Contact hours	4
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 90 Std. Vor- und Nachbearbeitung 60 hrs presence + 90 hrs preparation & follow-up
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	für A1: keine / ab A2: Einstufungstest oder Zertifikat for A1: none / from A2: placement test or certificate
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Sprachkenntnisse auf der entsprechenden Niveaustufe des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen

	(GER) Language skills at the corresponding level of the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR)
Inhalt Course content	Vermittlung und Training der Kompetenzen Hören, Lesen, Schreiben und Sprechen nach Vorgaben des GER für die entsprechende Niveaustufe mit besonderer Beachtung von Aspekten der Sprache im akademischen Kontext — Teaching and training of listening, reading, writing and speaking skills according to the CEFR guidelines for the corresponding level with special attention to aspects of language in an academic context
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur 90 Minuten Written examination (90 minutes)
Medienformen Media used	nach Vorgabe des oder der jeweiligen Dozierenden as specified by the instructor
Literatur Reading list	Lehrwerk nach Vorgabe des oder der jeweiligen Dozierenden / reading materials determined by the instructor

90595/90596 FFA Aufbaustufenmodul 1 PN 542001	
English Course 1	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Hinweis: Vorlesungsnummer wechselt je nach Semester Every semester Notice: Lecture number changes depending on the semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Sprachenzentrum
Dozent(in) Lecturer	Lektor/Lektorin des Sprachenzentrums
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „OS“ Focus „OS“
Lehrform/SWS Contact hours	2 SWS/Sprachübung
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz, 60 Std. Eigenarbeitszeit 30 contact hours and 60 hrs preparation and follow-up
ECTS Credits	3
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Sprachkenntnisse auf dem Niveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen Language competency at level B1
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Er/Sie versteht den wesentlichen Inhalt allgemeinsprachlicher und berufsbezogener Hörtexte mit Bezug zu Themen der Informatik, z.B. Reden, Vorträge und Vorlesungen. 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. 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 Course content	Jeder/e Studierende hält eine fachbezogene Präsentation vor seinen/ihren Kommilitonen zum Thema des Tages (Länge 15-20 Min.). Jeder/e Studierende hält eine kleine Präsentation (Reportage) über neueste Entwicklungen im Bereich IT-/Computer-/MedienTechnologie (Länge 5-10 Min.). Fachbezogene Themengebiete werden in Kleingruppen diskutiert, wobei sowohl der Dozent/die Dozentin als auch Studierende die Rolle eines Moderators einnehmen können. Rollenspiele und Audio-/Videomaterialien werden eingesetzt, um das jeweilige Thema besser zu erklären und Diskussionen vorzubereiten und zu begleiten.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	45-minütige Klausur zum Hörverständnis und zur Sprechfertigkeit am Ende des Semesters 45-minutes examination (listening comprehension and oral exam)
Medienformen Media used	Multimediaanwendungen, z.B. Internet, Video- und Audiomaterialien Multimedia applications, e.g., internet, video and audio materials
Literatur Reading list	-

90596/90597 FFA Aufbaustufenmodul 2 PN 448100	
English Course 2	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Hinweis: Vorlesungsnummer wechselt je nach Semester Every semester Notice: Lecture number changes depending on the semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Sprachenzentrum
Dozent(in) Lecturer	Lektor/Lektorin des Sprachenzentrums
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „OS“ Focus „OS“
Lehrform/SWS Contact hours	2 SWS/Sprachübung
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz, 60 Std. Eigenarbeitszeit 30 contact hours and 60 hrs preparation and follow-up
ECTS Credits	3
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Sprachkenntnisse auf dem Niveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen Language competency at level B1
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Er/Sie versteht den wesentlichen Inhalt alltagspraktischer und berufsbezogener Hörtexte mit Bezug zu Themen der Informatik, z.B. Reden, Vorträge und Vorlesungen. 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. 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 Course content	Jeder/e Studierende hält eine fachbezogene Präsentation vor seinen/ihren Kommilitonen zum Thema des Tages (Länge 15-20 Min.). Jeder/e Studierende hält eine kleine Präsentation (Reportage) über neueste Entwicklungen im Bereich IT-/Computer-/Medien- Technologie (Länge 5-10 Min.). Fachbezogene Themengebiete werden in Kleingruppen diskutiert, wobei der Dozent/die Dozentin/die Dozentin als auch Studierende die Rolle eines Moderators einnehmen können. Rollenspiele und Audio-/Videomaterialien werden eingesetzt, um das jeweilige Thema besser zu erklären und Diskussionen vorzubereiten und zu begleiten.
Studien-/Prüfungsleistungen 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) 45-minutes examination (listening comprehension and oral exam)
Medienformen Media used	Multimediaanwendungen, z.B. Internet, Video- und Audiomaterialien Multimedia applications, e.g., internet, video and audio materials
Literatur Reading list	-

Praktikum PN xxxxxx Internship	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Alle Dozierende All lecturers
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozierende All lecturers
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „OS“ Focus „OS“
Lehrform/SWS Contact hours	Praktikum Internship
Arbeitsaufwand Workload	Mindestens 6 Wochen in Vollzeit (40h/Woche) = 240 Stunden, davon mindestens 50% (120 Stunden) studiumsrelevante Inhalte 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 Credits	4
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können im beruflichen Umfeld die im Studium erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen anwenden. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden erwerben die Kompetenz, im beruflichen Umfeld zielgerichtet und im Team tätig zu sein. Sie kennen den Unterschied zwischen Studium und Praxis.
Inhalt 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. Das Praktikum wird gemäß den folgenden Richtlinien durchgeführt: • Das Praktikum umfasst mindestens 240 Stunden (= mind. 6 Wochen in Vollzeitarbeit), längere Praktika sind möglich, die Mehrzeit wird aber nicht als Studienleistung angerechnet. • 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 Hochschulebene 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. • 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. • 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. • 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 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. During the internship, the student is obligated to submit regular progress reports. After the internship: • 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. • A date for a final oral examination will be set if all required documents are complete. – 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. – All original documents should be submitted to the Examinations Office ('Prüfungssekretariat').
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Praktikumsbericht und Prüfungsgespräch (ca. 20 min), unbenotet Internship report and oral examination (approx. 20 minutes), ungraded
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	Formular zum Antrag auf Anerkennung / acceptance form Organisatorische Richtlinien für die Annahme, Betreuung und Abnahme von Praktika / Organisational guidelines

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

Learning outcomes	minarthema einzuarbeiten, es fachlich für einen Vortrag aufzubereiten und zu präsentieren. Kompetenzen: Selbständige Einarbeitung in ein Thema, schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz — The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture. Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence
Inhalt Course content	Erarbeitung des gestellten Themas aus dem jeweiligen Schwerpunkt anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation — Elaboration of the set topic (in the respective focus area) based on scientific literature, and its presentation
Studien-/Prüfungsleistungen 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. 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 Media used	-
Literatur Reading list	Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Seminar 1 zu Mathematik Seminar 2 zu Mathematik		PN 481001 PN 481002
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Alle Dozierende der Mathematik All lecturers of mathematics	
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozierende der Mathematik All lecturers of mathematics	
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch in Absprache mit dem/der Dozierenden German or English in consultation with the respective lecturer	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Pflichtmodul Compulsory Module	
Lehrform/SWS Contact hours	2S Geeignete Seminare werden zu Beginn des Semesters durch Aushang sowie auf der Webseite der Fakultät bekannt gegeben — Suitable seminars will be announced at the beginning of the semester on the noticeboard and on the faculty website	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbereitung 30 contact hours + 120 hrs preparation and follow-up	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Werden vom jeweiligen Dozierenden bekanntgegeben Will be announced by the respective instructors	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden lernen, sich selbständig in das gestellte Seminarthema einzuarbeiten, es fachlich für einen Vortrag auf-	

	zubereiten und zu präsentieren. Kompetenzen: Selbständige Einarbeitung in ein Thema, schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz — The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture. Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence
Inhalt Course content	Erarbeitung des gestellten Themas aus dem jeweiligen Schwerpunkt anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation — Elaboration of the set topic (in the respective focus area) based on scientific literature, and its presentation
Studien-/Prüfungsleistungen 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. 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 Media used	-
Literatur Reading list	Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Präsentation der Masterarbeit PN 488999 Presentation of the Master's Thesis	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Alle Dozierende der Mathematik All lecturers of mathematics
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozierende des Studiengangs All lecturers of the programme
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Pflichtmodul Compulsory Module
Lehrform/SWS Contact hours	-
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Vortragserstellung und Prüfungsvorbereitung sowie Abhaltung des Vortrags 90 hrs creating a presentation and exam preparation (+con- tact hours)
ECTS Credits	3
Voraussetzungen nach Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Abgabe der Masterarbeit (FStuPO §4 Abs. 2 Satz 2) The master's thesis has to be submitted
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	-
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Fähigkeit der/des Studierenden die Ergebnisse der Arbeit kurz und verständlich zusammenzufassen und in einer fachlichen Diskussion zu vertreten — 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 Course content	Darstellung der in der Arbeit erworbenen Erkenntnisse sowie kurze Diskussion — Presentation of the results of his or her thesis and a short discussion
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Präsentation (45 bis 90 Minuten); die genaue Prüfungsdauer wird vom Prüfer bzw. der Prüferin vorher bekannt gegeben. Presentation (approx. 45 up to 90 minutes); the precise mode of assessment will be announced by the examiner beforehand.
Medienformen Media used	Beamer, Tafel, Overheadprojektor Projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Masterarbeit Mathematik PN 489900 Master's Thesis in Mathematics	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Alle Dozierende der Mathematik All lecturers of mathematics
Dozent(in) 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 (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 Language of instruction	Die Masterarbeit ist in deutscher oder englischer Sprache abzufassen. Auf Antrag gemäß §21(5) AStuPO auch in einer anderen Sprache. 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 Curriculum	Pflichtmodul Compulsory Module
Lehrform/SWS Contact hours	Eigenständige Bearbeitung eines komplexen Themas und Erstellung einer wissenschaftlichen Ausarbeitung The goal is to research a complex topic and to write a scientific work
Arbeitsaufwand Workload	Präsenzzeit (Besprechung/Diskussion des Fortschritts): 15h, Vor- und Nachbereitung, Anfertigung der Ausarbeitung: 795h Summe: 810h Contact hours (meetings/discussions on progress): 15 hrs, independent study and writing the master's thesis: 795 hrs In sum: 810 hrs
ECTS Credits	27
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per	Gemäß §20 (1) AStuPO As per § 20 (1) AStuPO

the study and examination regulations	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Die Veranstaltungen im Master–Studiengang bis einschließlich dem dritten Semester. All courses of the master programme up to the third semester.
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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. — 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. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> 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. — 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. <u>Kompetenzen / Competencies</u> 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 selbstständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten, erfolgreich zu lösen, und die Ergebnisse wissenschaftlich adäquat schriftlich darzustellen und zu bewerten. —

	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 Course content	Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben. Die Inhalte werden in Abhängigkeit von der konkreten Themenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. — Will be announced by the lecturer. The contents are selected and announced dependent on the specific topic.
Studien-/Prüfungsleistungen 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 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 Media used	Abhängig von der konkreten Themenstellung Dependent on the specific topic
Literatur Reading list	Wird von dem/der Dozierenden bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. Will be announced by the lecturer. A reading list will be selected and announced dependent on the specific assignment.