

Modulkatalog M.Sc. Artificial Intelligence Engineering Module Descriptions M.Sc. Artificial Intelligence Engineering



Inklusive der Beschlüsse des Prüfungsausschusses der Fakultät für Informatik und Mathematik der Universität Passau am 4. Februar 2025

Contains all decisions of the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics of the University of Passau taken up to 4 February 2025

Stand: 09. April 2025

Last revised: April 9, 2025

Abkürzungsverzeichnis und Wörterbuch / List of abbreviations and dictionary

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

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

Bemerkung: Falls wenigstens ein nicht-deutschsprachiger Hörer die Veranstaltung besucht und als Sprache „Deutsch oder Englisch“ angegeben ist, wird in der Regel auf Englisch unterrichtet.

Remark: If at least one non-German speaker attends and the language of instruction is stated as “German or English” the language of instruction will be English as a rule.

Für Übersichtslisten zur Anrechenbarkeit und Modulgruppenzuordnung siehe

<http://www.fim.uni-passau.de/studium/anrechenbarkeit/>

For reference tables, please go to

<http://www.fim.uni-passau.de/en/study/acceptability-for-credit-transfers/>

Präambel

Workload-Berechnung:

Die Zuordnung von Leistungspunkten geht von der Arbeitsbelastung eines oder einer durchschnittlichen Studierenden aus. Ein Leistungspunkt entspricht in diesem Rahmen ca. 30 Arbeitsstunden. Dieser Durchschnitt wird im vorliegenden Studiengang einheitlich für alle Fächer und Lehrveranstaltungstypen angenommen.

Prüfende:

Prüferinnen und Prüfer sind die Professoren und Professorinnen sowie alle habilitierten Dozentinnen und Dozenten und ggf. weitere gemäß Hochschulprüferverordnung (HSchPrüferV) Befugte, die durch den Prüfungsausschuss der Fakultät für Informatik und Mathematik bestellt werden. Bitte beachten Sie hierzu die Bekanntmachungen des Prüfungsausschusses auf den Webseiten der Fakultät.

Anwesenheitspflicht:

Die Anwesenheitspflicht ist in der „Allgemeinen Studien- und Prüfungsordnung (ASTuPO)“ im § 18 geregelt. Die Notwendigkeit der Anwesenheitspflicht ist für einzelne Lehrveranstaltungen im vorliegenden Modulkatalog festgelegt und entsprechend begründet.

Wiederholungsmöglichkeit:

Jedes mit „nicht ausreichend“ (Note schlechter als 4,0) bzw. „nicht bestanden“ bewertete Modul kann höchstens zweimal wiederholt werden, siehe § 9 ASTuPO. Die Wiederholung muss innerhalb eines Jahres erfolgen. Eine Wiederholung von Prüfungen zur Notenverbesserung ist nicht möglich.

Gesamtnotenrelevanz:

Die Gesamtnote wird gemäß § 22 ASTuPO berechnet.

Seminare:

In der Regel bieten Lehrstühle, Professorinnen und Professoren regelmäßig Seminare an. Hierzu beachten Sie bitte die Seminar-Ankündigungen auf den Webseiten der Lehrstühle und Professuren.

Qualifikationsprofil:

Die Erfüllung des Qualifikationsprofils des Studiengangs wird durch die verschiedenen Veranstaltungstypen gewährleistet.

- **Vorlesungen** fokussieren sich maßgeblich auf Vermittlung von Wissen und Verstehen der Problemstellungen. Dadurch erwerben Absolventen und Absolventinnen Fachkompetenz in der Breite und Tiefe des Faches. Besonders in den Masterstudiengängen werden zusätzlich Lehrmeinungen, Grenzen und kritisches Verständnis auf dem neuesten Stand der Forschung gelehrt.
- **Vorlesungsbegleitende Übungen** vertiefen dieses Wissen, und leiten zu Einsatz und praktischer Anwendung an. Die Studierenden lernen dabei Probleme zu analysieren, kritisch einzuordnen und geeignete Lösungswege zu finden. Darüber hinaus werden Kommunikation und Kooperation zwischen den Studierenden eingeübt.
- **Selbstständige Übungen und Praktika** lehren die Nutzung und den Transfer auf praktische Anwendungen und Projekte. Dabei lernen die Studierenden situationsadäquat und reflektiert professionelle Entscheidungen zu treffen.
- In **Seminaren** und **Abschlussarbeiten** planen und recherchieren die Studierenden. Sie entwickeln und bearbeiten aktuelle Forschungsfragen, wählen geeignete Analysemethoden und reflektieren die erzielten Ergebnisse kritisch. Dadurch tragen sie auch zur wissenschaftlichen Innovation bei. Darüber hinaus üben sie die Kommunikation von erzielten Ergebnissen an Dritte ein.

Preamble

Workload calculation:

The assignment of credit points is based on the workload of an average student. In this context, one credit point corresponds to approx. 30 working hours. This average generally applies to all subjects and course types in the present degree programme.

Examiners:

Examiners are the professors and all habilitated lecturers and, if applicable, other authorised persons according to the Higher Education Examination Ordinance (Hochschulprüferverordnung, HSch-PrüferV), who are appointed by the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics. Please refer to the announcements of the Board of Examiners on the Faculty's website.

Compulsory attendance:

Compulsory attendance is regulated in § 18 of the "General Study and Examination Regulations (AStuPO)". The necessity of compulsory attendance is specified for individual courses in this module catalogue and justified accordingly.

Possibility of repetition:

Each module assessed as "insufficient" (grade below 4.0) or "failed" can be repeated a maximum of two times, cf. § 9 AStuPO). The repetition must take place within one year. It is not possible to repeat examinations for grade improvement.

Overall grade relevance:

The final grade is calculated according to § 22 AStuPO.

Seminars:

Chairs and professors usually offer seminars on a regular basis. Please pay attention to the seminar announcements on the websites of the chairs and professorships.

Qualification profile:

The fulfilment of the qualification profile of the degree programme is ensured by the different types of courses.

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

Modulübersicht des Masterstudiengangs „Artificial Intelligence Engineering“ / Overview of the course program

Module Group “Algorithm Engineering and Mathematical Modelling“ (AEMM)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
Efficient Algorithms	455366	3V+2Ü	7	Rutter, Sudholt	English/German
Computational Logic	455357	3V+2Ü	7	Kreuzer	English
Parameterized Algorithms	455413	2V+2Ü	6	Rutter	English/German
Introduction to Topological Data Analysis	xxxxxx	3V+2Ü	7	Rutter	English/German
Optimierung	471765	4V+2Ü	9	Harks	English/German
Functional Analysis	451404	4V+2Ü	9	Prochno	English/German
Stochastic Simulation	451017	3V+1Ü	7	Müller-Gronbach	English/German
Information Theory	455440	4V+2Ü	9	Zumbrägel	English
Theory of Evolutionary Computation	455399	3V+2Ü	7	Sudholt	English/German
Randomised Algorithms	455388	3V+2Ü	7	Sudholt	English
Partial Differential Equations	405167	3V+2Ü	7	Wirth	English
Symbolic Dynamics and Coding	405212	4V+2Ü	9	Wirth	English
Mathematical Systems Theory	482401	4V+2Ü	9	Wirth	English
Numerik der Polynom- und rationalen Approximation	485383	2V+1Ü	5	Forster-Heinlein	English/German
Markovketten	xxxxxx	4V+2Ü	9	Gilch	German
Mathematical Logic	455362	4V+2Ü	9	Kaiser, Müller	English
Model Theory	482201	4V+2Ü	9	Kaiser, Müller	English
Markov Chain Monte Carlo	455450	4V+2Ü	9	Rudolf	English/German
Foundations of Statistical Data Science	482522	4V+2Ü	9	Rudolf	English/German
Computational Game Theory	472690	4V+2Ü	9	Harks	English
Complex Dynamic Networks	471515	2V+1Ü	5	Schönlein	English
Distributed Algorithms	422150	2V+2Ü	6	Harks	English
Dynamic Network Flows	422160	2V+2Ü	6	Harks	English
Computational Geometry	405125	2V+2Ü	6	Harks	English

Classical Limit Theorems & Large Deviations	451019	4V+2Ü	9	Prochno	English/ German
Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing	485384	3V+1Ü	6	Prochno	English
Introduction to Approximation Theory	455460	2V+1Ü	5	Prochno	English/ German
Convex Geometry and Applications to Linear Programming	472730	3V+1Ü	6	Prochno	English
Deep Learning for Natural Language and Code	472700	2V+2Ü	6	Herbold	English
Computational Complexity Theory	482211	4V+2Ü	9	Müller	English
Advanced Computational Complexity Theory	472710	2V+2Ü	6	Müller	English
Constraint Satisfaction Problems	472720	2V+2Ü	6	Müller	English
Integral Transforms and Computed Tomography	482301	4V+2Ü	9	Sauer	English
Machine Learning Control and Optimization	455398	4V+2Ü	9	Wirth	English
Online and Approximation Algorithms	455480	2V+2Ü	6	Harks	English

Module Group “Artificial Intelligence Methods” (AIM)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Mathematical Foundations of Machine Learning	455394	4V+2Ü	9	Sauer	English
Data Science Lab	482604	4Ü	6	Granitzer	English
Machine Learning Lab	455382	4Ü	6	Granitzer	English
Advanced Topics in Data Science	482603	2V+1Ü	5	Granitzer	English
Advanced Imaging	454020	2V+2Ü	6	Sauer	English
Introduction to Deep Learning	471616	2V+2Ü	6	Lemmerich	English
Responsible Machine Learning	471617	2V+2Ü	6	Lemmerich	English
Data Visualization	471760	2V+2Ü	6	Heinzl	English
Immersive Analytics	455560	2V+2Ü	6	Heinzl	English
Project in Visual Computing	455419	2Ü+2P	6	Heinzl	English

Module Group “Artificial Intelligence Systems Engineering” (AISE)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
AI-Driven Software Development	xxxxxx	2Ü	5	Fraser	English

Programming Applications for Mobile Interaction	405026	3V+2Ü	7	Kranz	English/ German
Advanced IT Security	405390	3V+1Ü	6	Posegga	English
Software Analyse	455368	2V+2Ü	6	Fraser	English
Advanced Software Product Development	455317	2Ü+4P	10	Fraser	German
Search-Based Software Engineering	455378	2V+2Ü	6	Fraser	English
Scaling Database Systems	451016	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
SQL for Data Science	472790	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Digital Healthcare	455409	2V+2Ü	6	Kranz	English/ German
Security of Computer and Embedded Systems	455385	2V+1Ü	5	Kavun	English
Digital Design with Verilog-HDL on FPGA	455408	3Ü	5	Kavun	English
Principles of AI Engineering	455410	2V+2Ü	6	Herbold	English
Requirements Engineering	455412	2V+2Ü	6	Herbold	English
Mining Software Repositories Lab	455423	5Ü	7	Herbold	English
Mining Software Repositories	455433	2V+2Ü	6	Herbold	English
AI Engineering Lab	455437	5Ü	7	Herbold	English
Exemplary & Effective Programming	413152	1V+3P	6	Abbott	English
Principles of Data Organisation	472740	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Modern Database Systems	472770	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Introduction to Microelectronics: From Silicon to Computer Components	455530	2V	3	Katzenbeisser	English

Module Group “Artificial Intelligence Applications“ (AIA)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Foundations of Energy Systems	455361	2V+2Ü	6	de Meer	English
Energy Informatics II	455416	2V+2Ü	6	de Meer	English
Multimedia Databases	405031	3V+2Ü	7	Kosch	English
Network Science	482601	2V+1Ü	5	Granitzer	English
Text Mining	405024	3V+2Ü	7	Granitzer	English
Applied Artificial Intelligence Lab	471615	4Ü	6	Lemmerich	English
Computational Linguistics	455396	2V+2Ü	6	Hautli-Janisz	English
Cooperative Autonomus Vehicles	455393	2V+2Ü	6	Vinel	English

Energy Informatics I	455415	2V+2Ü	6	de Meer	English
Data on the Web	455417	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Semantic Data Integration	473270	2V+2Ü	6	Algergawy	English
Management of Scientific Data	472780	2V+2Ü	6	Algergawy	English
IoT Security: Security Solutions for the Internet of Things	455520	2V	3	Katzenbeisser	English
Prototyping & Programming	455430	4Ü	6	Fraser, Kosch	German
Topics in Applied Econometrics	271030	2V+2Ü	5	Haupt	English
Computational Statistics – Regression in R	261170	2V	3	Haupt	English
Computational Statistics – Statistical Learning	261001	2V	3	Haupt	English
Econometric Methods	261120	2V+2Ü	5	Haupt	German
Advanced Data Analytics	261004	2V+2Ü	5	Haupt, Fritsch	English
Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning)	266194	2V+2Ü	5	Otto	English
Practical Course: Advanced Topics in Management Science	266502	2Ü	3	Otto	English
Sustainable Supply Chain Management	265770	2V	5	Otto	English
Applied Machine Learning in Finance	262107	2V+2Ü	5	Kellner	English
Artificial Intelligence in Finance	262502	2V+2Ü	5	Kellner	English
Deep Learning and Text Analysis in Finance	262503	2V+2Ü	5	Kellner	English

Module Group “Cross-Cutting Concerns“ (CCC)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
Reproducibility Engineering	455420	2V+2Ü	6	Scherzinger	English
Privacy-Preservation Technologies in Information Systems	472215	2V+1Ü	5	Kosch	English
IT Security Law	222431	2V	5	Hartl	German
Data Protection Law and Data Security	861001	2V	5	Hennemann	German
Organizational and Competitive Strategy	264190	2V+2Ü	5	Häussler	English
Entrepreneurship Development Programme	xxxxxx		10	Granitzer	English
Strategy for High-Tech Startups	264509	2V+2Ü	5	Häussler	English

Advanced Strategic Sensitivity and Digitalization	264507	2V+2Ü	5	König	English
Fundamentals of Digitalization and Digital Trends	266700	2V	5	König	English
Consequences of Digitalisation for Society	472213	2V/2S	5	Schmid-Petri	German

Module Group “Research Seminars“ (RS)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Research Seminar I	472311	2S	5	All lecturers	English/ German
Research Seminar II	472312	2S	5	All lecturers	English/ German

Compulsory/Core Modules

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/ German
Compulsory Seminar	470011	2S	5	All lecturers	English/ German
Introduction to AI Engineering	470013	2V+1Ü	5	Lemmerich	English
Master's Thesis Presentation	478999	n/a	3	All lecturers	English/ German
Master's Thesis	499900	n/a	27	All lecturers	English/ German

Hinweise:

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

- i. Die **Pflichtmodule** gemäß obiger Liste,
- ii. aus den Modulgruppen **AEMM, AIM, AISE, AIA, CCC** Module im Umfang von **mindestens 70 ECTS-Leistungspunkten**, davon
 - a) **mindestens 55 ECTS-Leistungspunkte** aus den Modulgruppen **AEMM, AIM, AISE, AIA**,
 - b) **jeweils mindestens 10 ECTS-Leistungspunkte** aus den Modulgruppen **AIM, AISE, AIA** und
 - c) **mindestens 5 ECTS-Leistungspunkte** aus der Modulgruppe **CCC**.

Note:

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

- i. The **compulsory modules** (see list above),
- ii. modules from the focus areas **AEMM, AIM, AISE, AIA, CCC** amounting to **at least 70 credit points** in total, thereof
 - a) **at least 55 ECTS credit points** from the focus areas **AEMM, AIM, AISE, AIA** in total,
 - b) **at least 10 ECTS credit points each** from the focus areas **AIM, AISE, AIA** and
 - c) **at least 5 ECTS credit points** from the focus area **CCC**.

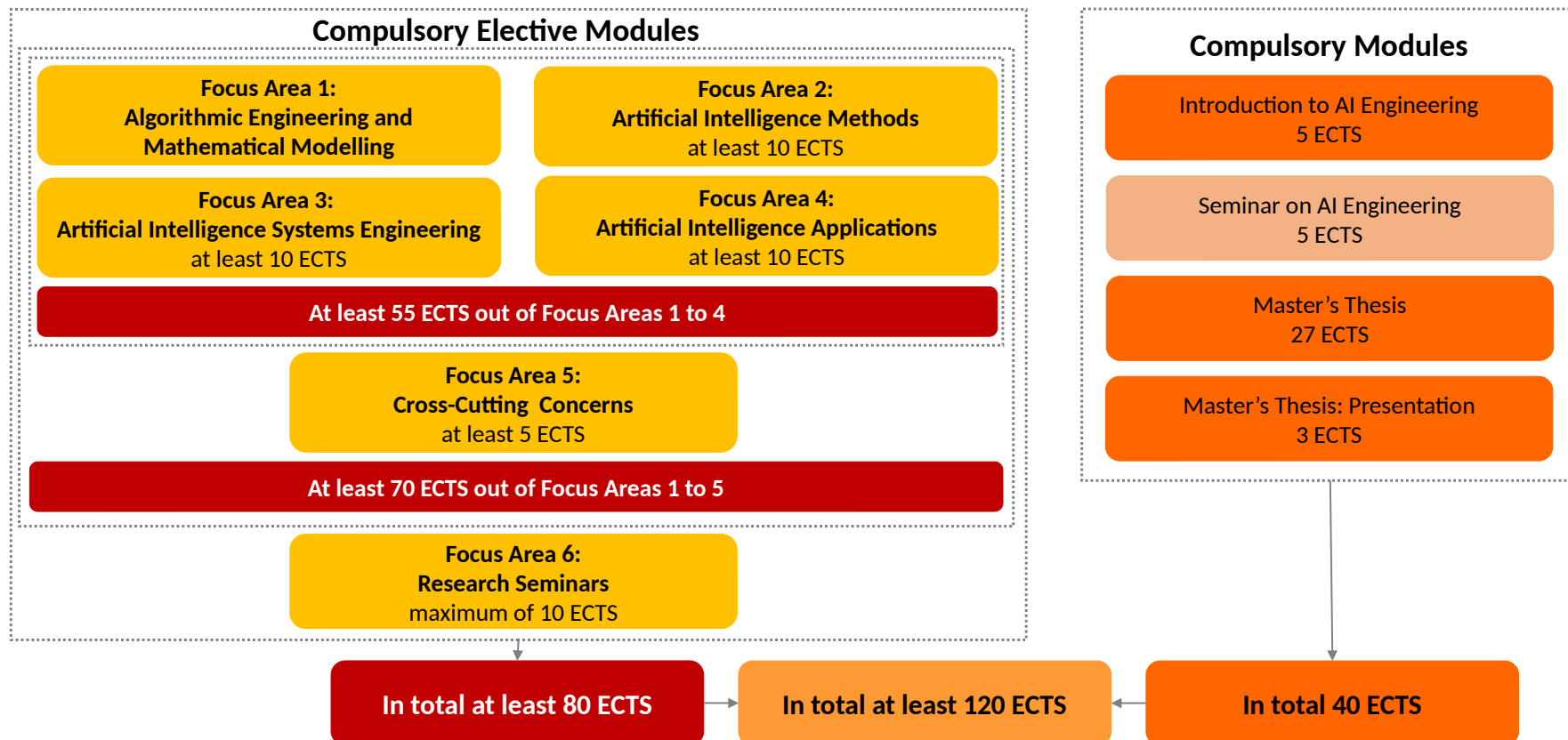
Für Übersichtslisten zur Anrechenbarkeit und Modulgruppenzuordnung siehe

<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. Artificial Intelligence Engineering / Building Blocks for M.Sc. Artificial Intelligence Engineering



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

¹ By the end of the first semester, proof of successful completion of module examinations totaling 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. Unten angeführt sind zwei Beispielstudienverläufe, der erste mit stärkerem Fokus auf Grundlagen und Algorithmen, während der zweite mehr Schwerpunkt auf Anwendungen und Engineering legt.

Die beispielhaften Studienverlaufspläne berücksichtigen 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. In the tables below, there are two sample study plans: one with a stronger focus on Foundations and Algorithms; the other one with more focus on Applications and Engineering.

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

Beispielverlaufsplan mit Schwerpunkt Anwendungen und Engineering
Sample study plan with a focus on Applications and Engineering

1. Fachsemester			
	Introduction to AI Engineering	2V+1Ü	5
	Advanced Topics in Data Science	2V+1Ü	5
	Advanced IT Security	3V+1Ü	6
	Scaling Database Systems	2V+2Ü	6
	Multimedia Databases	3V+2Ü	7
	Summe ECTS-LP 1. Fachsemester:		29
2. Fachsemester			
	Advanced Imaging	2V+2Ü	6
	Search-based Software Engineering	2V+2Ü	6
	Computational Linguistics	2V+2Ü	6
	Software Analysis	2V+2Ü	6
	Machine Learning Lab	4Ü	6
	Summe ECTS-LP 2. Fachsemester:		30
3. Fachsemester			
	Econometric Methods	2V+2Ü	5
	Strategy for High-Tech Startups	2V+2Ü	5
	IT Security Law	2V	5
	Consequences of Digitalization for Society	2V/2S	5
	Data Science Lab	4Ü	6
	Master Seminar	2S	5
	Summe ECTS-LP 3. Fachsemester:		31
4. Fachsemester			
	Masterarbeit		27
	Präsentation		3
	Summe ECTS-LP 4. Fachsemester:		30
Gesamt ECTS-LP			120

Beispielverlaufsplan mit Schwerpunkt Grundlagen und Algorithmen
Sample study plan with a focus on Foundations and Algorithms

1. Fachsemester			
	Introduction to AI Engineering	2V+1Ü	5
	Parameterized Algorithms	2V+2Ü	6
	Mathematical Foundations of Machine Learning	4V+2Ü	9
	Scaling Database Systems	2V+2Ü	6
	Network Science	2V+1Ü	5
	Summe ECTS-LP 1. Fachsemester:		31
2. Fachsemester			
	Markov Chain Monte Carlo	4V+2Ü	9
	Introduction to Deep Learning	2V+2Ü	6
	Principles of AI Engineering	2V+2Ü	6
	Artificial Intelligence in Finance	2V+1Ü	5
	Research Seminar I	2S	5
	Summe ECTS-LP 2. Fachsemester:		31
3. Fachsemester			
	Mathematical Logic	4V+2Ü	9
	Stochastic Simulation	3V+1Ü	7
	Privacy Preservation in Information Systems	2V+1Ü	5
	Research Seminar II	2S	5
	Master Seminar	2S	5
	Summe ECTS-LP 3. Fachsemester:		31
4. Fachsemester			
	Masterarbeit		27
	Präsentation		3
	Summe ECTS-LP 4. Fachsemester:		30
Gesamt ECTS-LP			123

Inhaltsverzeichnis

Baukasten für M.Sc. Artificial Intelligence Engineering / Building Blocks for M.Sc. Artificial Intelligence Engineering	12
Beispielverlaufsplan mit Schwerpunkt Anwendungen und Engineering Sample study plan with a focus on Applications and Engineering	14
Beispielverlaufsplan mit Schwerpunkt Grundlagen und Algorithmen Sample study plan with a focus on Foundations and Algorithms	15
5487 AI-Driven Software Development	PN xxxxxx 21
5600 Effiziente Algorithmen Efficient Algorithms	PN 455366 25
5670 Logik für Informatiker Computational Logic	PN 455357 28
5713 Parametrisierte Algorithmen Parameterized Algorithms	PN 455413 31
5715 Einführung in die Topologische Datenanalyse Introduction to Topological Data Analysis	PN xxxxxx 33
5721 Foundations of Energy Systems	PN 455361 36
5727 Energy Informatics II	PN 455416 39
5730 Optimierung	PN 471765 42
5734 Mathematical Foundations of Machine Learning	PN 455394 45
5756 Funktionalanalysis Functional Analysis	PN 451404 48
5771 Multimedia-Datenbanken Multimedia Databases	PN 405031 51
5777 Technologien zur Wahrung der Privatsphäre in Informationssystemen 472215 Privacy-Preservation Technologies in Information Systems	PN 55
5807 Programming Applications for Mobile Interaction	PN 405026 59
5812 Stochastische Simulation Stochastic Simulation	PN 451017 64

5820	IT-Sicherheit Advanced IT Security	PN 405390 67
5838	Information Theory	PN 455440 71
5843	Software-Analyse Software Analysis	PN 455368 73
5844	Advanced Software Product Development	PN 455317 76
5845	Search-Based Software Engineering	PN 455378 80
5874	IT-Sicherheitsrecht IT Security Law	PN 222431 83
5942	Network Science	PN 482601 86
5943	Data Science Lab	PN 482604 89
5944	Machine Learning Lab	PN 455382 91
5945	Advanced Topics in Data Science	PN 482603 93
5951	Theory of Evolutionary Computation	PN 455399 95
5952	Randomisierte Algorithmen Randomised Algorithms	PN 455388 98
5960	Partielle Differentialgleichungen Partial Differential Equations	PN 405167 101
5962	Symbolische Dynamik und Kodierung Symbolic Dynamics and Coding	PN 405212 104
5967	Mathematische Systemtheorie Mathematical Systems Theory	PN 482401 106
5970	Scaling Database Systems	PN 451016 109
5972	Reproducibility Engineering	PN 455420 112
5973	SQL for Data Science	PN 472790 115
5980	Text Mining	PN 405024 117
5994	Numerik der Polynom- und rationalen Approximation	PN 485383 119
5995	Advanced Imaging	PN 454020 121
5996	Markovketten	PN xxxxxx 123
6020	Mathematische Logik Mathematical Logic	PN 455362 125

6023	Model Theory	PN 482201	128
6047	Digital Healthcare	PN 455409	130
6061	Introduction to Deep Learning	PN 471616	133
6062	Introduction to AI Engineering	PN 470013	136
6063	Applied Artificial Intelligence Lab	PN 471615	138
6064	Responsible Machine Learning	PN 471617	141
6070	Markov Chain Monte Carlo	PN 455450	144
6072	Foundations of Statistical Data Science	PN 482522	146
6080	Computational Linguistics	PN 455396	149
6090	Sicherheit von Rechnern und eingebetteten Systemen Security of Computer and Embedded Systems	PN 455385	152
6092	Digitales Design mit Verilog-HDL auf FPGA Digital Design with Verilog-HDL on FPGA	PN 455408	156
6100	Computational Game Theory	PN 472690	161
6101	Komplexe Dynamische Netzwerke Complex Dynamic Networks	PN 471515	163
6103	Distributed Algorithms	PN 422150	166
6105	Dynamic Network Flows	PN 422160	169
6106	Computational Geometry	PN 405125	171
6111	Klassische Grenzwertsätze & große Abweichungen Classical Limit Theorems & Large Deviations	PN 451019	174
6112	Introduction to Information-based Complexity and Compressed Sensing	PN 485384	177
6113	Einführung in die Approximationstheorie Introduction to Approximation Theory	PN 455460	180
6117	Convex Geometry and Applications to Linear Programming	PN 472730	182
6120	Principles of AI Engineering	PN 455410	185
6121	Requirements Engineering	PN 455412	188
6122	Mining Software Repositories Lab	PN 455423	192
6123	Deep Learning for Natural Language and Code	PN 472700	195

6124	Mining Software Repositories	PN 455433 198
6125	AI Engineering Lab	PN 455437 201
6140	Exemplary and Effective Programming	PN 413152 204
6141	Komplexitätstheorie Computational Complexity Theory	PN 482211 207
6142	Fortgeschrittene Komplexitätstheorie Advanced Computational Complexity Theory	PN 472710 209
6143	Constraint Satisfaction Problems	PN 472720 211
6160	Cooperative Autonomous Vehicles	PN 455393 213
6171	Data Visualisierung Data Visualization	PN 471760 215
6172	Immersive Analytics	PN 455560 220
6179	Project in Visual Computing	PN 455419 224
6195	Integraltransformationen und Computertomographie Integral Transforms and Computed Tomography	PN 482301 226
6205	Energy Informatics I	PN 455415 228
6206	Data on the Web	PN 455417 231
6208	Machine Learning Control and Optimization	PN 455398 234
6209	Principles of Data Organisation	PN 472740 237
6210	Semantic Data Integration	PN 473270 239
6211	Management of Scientific Data	PN 472780 242
6212	Modern Database Systems	PN 472770 245
6215	Online and Approximation Algorithms	PN 455480 248
6219	IoT Security: Security Solutions for the Internet of Things	PN 455520 250
6220	Introduction to Microelectronics: From Silicon to Computer Components	PN 455530 253
6232	Prototyping & Programming	PN 455430 256
25940	Recht des Datenschutzes und der Datensicherheit Data Protection Law and Data Security	PN 861001 259
32820	Organizational and Competitive Strategy	PN 264190 261

32866	Entrepreneurship Development Programme	PN xxxxxx	263
32900	Strategy for High-Tech Startups	PN 264509	266
35550	Topics in Applied Econometrics	PN 271030	268
35621	Computational Statistics – Regression in R	PN 261170	270
35622	Computational Statistics – Statistical Learning	PN 261001	272
35777	Methoden der Ökonometrie I Econometric Methods	PN 261120	274
35780	Advanced Data Analytics	PN 261004	276
38608	Advanced Strategic Sensitivity and Digitalization	PN 264507	278
38609	Fundamentals of Digitalization and Digital Trends	PN 266700	281
39734	Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning)	PN 266194	283
39745	Practical Course: Advanced Topics in Management Science	PN 266502	285
39746	Sustainable Supply Chain Management	PN 265770	287
39908	Applied Machine Learning in Finance	PN 262107	289
39910	Artificial Intelligence in Finance	PN 262502	292
39915	Deep Learning and Text Analysis in Finance	PN 262503	294
48212	Folgen der Digitalisierung für die Gesellschaft Consequences of Digitalisation for Society	PN 472213	297
Research Seminar I+II		PN 472311, 472312	299
Compulsory Seminar		PN 470011	301
Präsentation der Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering Presentation of the Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering		PN 478999	303
Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering		PN 499900	305

5487 AI-Driven Software Development PN xxxxxx	
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	Fraser
Dozent(in) Lecturer	Fraser
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	2Ü
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbearbeitung 30 contact hours + 120 hours independent study
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierung I+II, Software Engineering, Software Testing
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse im Software Engineering, indem sie moderne KI-gestützte Werkzeuge und Methoden in die praxisnahen Entwicklung von Softwareprojekten integrieren. Der Schwerpunkt liegt auf der Anwendung von LLMs zur Unterstützung klassischer Software-Engineering-Aufgaben wie Anforderungsanalyse, Prototyping, Codierung, Testautomatisierung und Refactoring. Darüber hinaus lernen

die Studierenden verschiedene Prompting-Strategien und die Unterscheidung zwischen klassischen Informationsabruftechniken und KI-gestützten Ansätzen kennen.

Students deepen their knowledge of software engineering by integrating modern AI-driven tools and methods into the practical development of software projects. The focus is on applying LLMs to support classical software engineering tasks such as requirements analysis, prototyping, coding, test automation, and refactoring. Additionally, students learn various prompting strategies and how to differentiate between classical information retrieval techniques and AI-powered approaches.

Fähigkeiten / Abilities

Die Teilnehmer erlernen die Fähigkeit, KI-gestützte Softwareentwicklung effektiv einzusetzen, indem sie LLMs in bestehenden Entwicklungsprozesse integrieren. Sie können AI-gestützte Tools nutzen, um Softwaretests zu automatisieren, Codequalität zu verbessern und Entwicklungsprozesse effizienter zu gestalten. Außerdem entwickeln sie ein Verständnis für die Anpassung von LLMs an verschiedene Projektvoraussetzungen und können geeignete Schnittstellen und Workflows gestalten.

Participants develop the ability to effectively apply AI-driven software development by integrating LLMs into existing development processes. They can leverage AI-powered tools to automate software testing, improve code quality, and enhance development efficiency. Additionally, they gain an understanding of how to adapt LLMs to different project requirements and design appropriate interfaces and workflows.

Kompetenzen / Competencies

Die Teilnehmer erwerben praxisnahe Kompetenzen in der Entwicklung und Implementierung von Projekten mithilfe von KI-gestützten Softwarelösungen. Sie sind in der Lage, moderne Software-Engineering-Techniken mit LLMs zu kombinieren, um Herausforderungen in Bereichen wie Anforderungsmanagement, Codegenerierung, Qualitätssicherung und automatisierte Tests zu bewältigen. Zudem lernen sie, wie KI-gestützte Entwicklungsansätze strategisch in größere Softwareprojekte integriert werden können, einschließlich der Evaluierung von Kosten-Nutzen-Aspekten und langfristiger Wartbarkeit.

	Participants acquire hands-on competencies in developing and implementing projects using AI-driven software solutions. They are able to combine modern software engineering techniques with LLMs to address challenges in areas such as requirements management, code generation, quality assurance, and automated testing. Additionally, they learn how to strategically integrate AI-driven development approaches into larger software projects, including evaluating cost-benefit aspects and long-term maintainability.
Inhalt Course content	The course covers the following topics: • Prompt Engineering • AI Agents for Software Development • Requirements Engineering • Prototyping • AI-Assisted Coding • AI-Driven Testing and Quality Assurance • Refactoring and Code Cleaning • Development Processes and Collaboration — Exercise: Introduction to common software engineering tasks and how AI can support them. Explanation of the projects and requirements for portfolio components as well as questions about the task and the respective solution approaches Independent study: Processing of projects
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung. Die genauen Anforderungen werden vom Dozierenden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. Mögliche Portfoliobestandteile umfassen: • Dokumentierter und ausführbarer Quellcode der Projektaufgaben • Live-Demonstration der implementierten Softwarelösung • Technischer Bericht über die Nutzung und Erfahrungen mit dem KI-gestützten Prozess • Laufende technische Teilberichte, zusammengefasst in einem abschließenden Gesamtbericht • Präsentation der Arbeit nach jedem Teilabschnitt des Projekts • Verlauf der verwendeten Prompts • Versionshistorie, z. B. mit Git — Portfolio-exam. The exact mode of assessment will be announced at the start of the semester. Possible portfolio components include: • Documented and executable source code for project

	tasks • Live demonstration of the implemented software solution • Technical report on the use and experience of the AI-driven process • Ongoing technical sub-reports, compiled into a final comprehensive document • Presentation of work after each sub-part of the project • History of prompts used • Version history, e.g., using Git .
Medienformen Media used	Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird vom Dozent bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben.

5600 Effiziente Algorithmen PN 455366 Efficient Algorithms	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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

5670 Logik für Informatiker PN 455357	
Computational Logic	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Mindestens jedes 2. Sommersemester At least every other summer semester
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 „AEMM“ Focus area „AEMM“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 65 Std. Übungen + 70 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 65 hrs exercises + 70 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	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen den Aufbau und die Anwendung logischer Systeme. Sie sind mit wichtigen logischen Systemen und den zugehörigen Kalkülen vertraut. Weiterhin kennen sie wichtige Beweismethoden für logische Fragestellungen.

	— Students know the structure and the application of logical systems. They are familiar with important logical systems and the associated calculi. Furthermore, they know the important methods of proof for logical issues. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden sind in der Lage, logische Fragestellungen im Rahmen eines geeigneten logischen Systems zu modellieren. Sie können die erzeugten logischen Formeln mit Hilfe geeigneter Kalküle auf Erfüllbarkeit testen. Sie sind ebenfalls fähig, einfache Beweise zu Fragestellungen der mathematischen Logik selbstständig zu führen. — The students are able to model logical issues in the context of a suitable logical system. You can test the generated logical formulas using appropriate calculations to satisfiability. You are also able to perform simple proofs independently on issues of mathematical logic. <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 selbst-reflexive und Entwicklungskompetenzen im interdisziplinären Bereich zwischen der Mathematik und der Informatik. — Students acquire evaluative skills in relation to the link between the theoretical contents their studies with practical problems, organizational skills in relation to their time and work management, and self-reflexive and development expertise in the interdisciplinary area between mathematics and Computer Science.
Inhalt Course content	Basierend auf einer grundlegenden Einführung der strukturellen logischen Systeme, insbesondere der Diskussion der Bedeutungen der Begriffe Syntax, Semantik und Kalkül (oder Beweissystem), werden wichtige klassische und moderne logische Systeme besprochen, z. B. Aussagenlogik, Prädikatenlogik, Modallogik und Temporallogik. Neben der Diskussion der Syntax und Semantik dieser logischen Systeme werden auch wichtige Kalküle wie das Resolventenkalkül, der Markierungsalgorithmus oder das Tableaukalkül besprochen. Ferner wird der Bezug dieser Algorithmen zu konkreten Implementierungen und Logik-Compilern wie PROLOG hergestellt. In den Übungen wird großer Wert darauf gelegt, dass die Studierenden lernen konkrete, anwendungsbezogene Probleme in

	geeigneten logischen Systemen zu modellieren. Ferner werden die besprochenen Beweissysteme an konkreten Beispielen eingeübt. — Based on a basic introduction to the structure of logical systems, in particular the discussion of the meanings of the terms syntax, semantics and calculus (or proof system), important classical and modern logical systems are discussed, such as propositional logic, predicate logic, modal logic and temporal logic. Besides the discussion of the syntax and semantics of these logical systems calculi, also important themes such as the Resolventenkalkül, the Marking algorithm or the tableau calculus are discussed. Furthermore, the relation of these algorithms is made to concrete implementations and logic compilers such as PROLOG. In the exercises, great emphasis is placed on ensuring that students are taught how to model specific application-related problems in suitable logical systems. Furthermore, the evidence discussed systems are practiced on concrete examples.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minütige Klausur 90-minute written exam
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Tafel Presentation and projector, blackboard
Literatur Reading list	z. B. M. Kreuzer und S. Kühling, Logik für Informatiker, Pearson, München 2006

5713 Parametrisierte Algorithmen PN 455413 Parameterized Algorithms	
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	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AEMM“ Focus „AEMM“
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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 xxxxxx
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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics	
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	Jedes Wintersemester 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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Prü- fungsordnung 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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics	
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.

5727	Energy Informatics II	PN 455416
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Energy Informatics I, Foundations of Energy Systems, Infor- mation and Communication Systems, Network Security, Com- puter Networking	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Understanding of the fundamental methodologies, concepts, protocols and architectures that are used in the context of smart grids: • Studying and modelling of smart grid aspects and the	

	interaction of individual components • Knowledge of concepts and methods for grid monitoring, smart grid operation, microgrid management and smart grid (co-)simulation <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Selecting and applying appropriate methods for modelling smart grid use cases. Application of grid monitoring, distributed smart grid control, and grid management with relevant software tools. Studying and mastering co-simulation for evaluation of smart grid applications. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Self-awareness of the suitability of measures, techniques and methods for smart grid control, monitoring and management.
Inhalt Course content	In this lecture, the focus is upon smart grid control. This includes distributed control schemas, as well as global optimization methods. Several state-of-the-art techniques for smart grid use cases such as optimal power flow approximation and relaxation are discussed. In this lecture, we discuss the following main parts: First, methods in traditional power grid control, including feedback controller and the formulation of grid optimization problems are explored and discussed in the context of renewable energy systems. Next, tools for smart grid monitoring, such as digital twins, non-intrusive load monitoring and SCADA systems, emphasize the need of ICT in power grids. (Co-)simulation is introduced as evaluation concept for smart grid applications. Finally, an outlook is given on future grid control approaches in form of sector-coupled microgrids (=energy cells) and their ICT-based management.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minutes written or 20 minutes oral exam (in English) or portfolio. The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester. A portfolio examination may contain: • Written or oral partial examination • Documented and executable source code for tasks with tools • Live demonstration of task solutions • Summary of relevant research papers with topics of the module • Technical report • Ongoing technical sub-reports for a final summary into a complete document • Presentation of created material with use of suitable

	presentation techniques, e.g. PowerPoint, Live-Coding, Whiteboard, Flipchart The work on the portfolio will be carried out parallel to the lecture and the final submission of the portfolio will take place no later than 4 weeks after the end of the lecture period. The lecturer will announce the exact requirements for the portfolio at the beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer, Tafel Presentation on projector, blackboard
Literatur Reading list	Momoh, James. Smart grid: fundamentals of design and analysis. Vol. 63. John Wiley & Sons, 2012. Additional literature will be referenced in the lecture material

5730	Optimierung	PN 471765
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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 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 von Optimierungsproblemen, Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität, Numerische Verfahren für nichtlineare Optimierungsprobleme — Modelling of optimization problems, linear optimization, simplex method, nonlinear optimization, KKT theorems, duality, numerical methods for nonlinear problems
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	2 Teilleistungen: Teilleistung 1 (80%): 120 minütige Klausur über die Gebiete oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität. Teilleistung 2 (20%): 30 minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 15 Minuten); Numerische Verfahren für nichtlineare Probleme. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden. Examination in two parts:

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

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 „AIM“ Focus „AIM“
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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

5756 Funktionalanalysis PN 451404	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 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	Bachelor Mathematik, Master Informatik Bachelor Mathematics, Master Computer Science
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	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 25-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	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.
--	---

5771 Multimedia-Datenbanken PN 405031	
Multimedia Databases	
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
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“
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	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics, Master Wirtschaftsinformatik Master Computer Science, Master Computational Mathematics, Master Information Systems
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Techniken der Multimedieverarbeitung und der Extraktion von beschreibenden 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.

5777 Technologien zur Wahrung der Privatsphäre in Informationssystemen PN 472215 Privacy-Preservation Technologies in Information Systems	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kosch
Dozent(in) Lecturer	Gerl
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü
Arbeitsaufwand Workload	30 + 15 Std. Präsenz, 105 Std. Übungen, Nachbereiten des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 30 + 15 contact hours, 105 hours of 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 grundlegenden Konzepte der Technologien zur Wahrung der Privatsphäre in Informationssystemen. Sie kennen auch die rechtlichen Grundlagen des Da-

tenschutzes in Europa (GDPR), welche den technischen Möglichkeiten gegenübergestellt werden. Die Studierenden kennen die Unterschiede zwischen Privatsphäre und Anonymität, kennen Prinzipien für Angriffe auf die Privatsphäre und die Anonymität und Methoden zur Wahrung dieser. Die Studierenden kennen die besonderen Rahmenbedingungen in relevanten Anwendungsfällen für Informationssysteme, wie z.B. medizinische Informationssysteme oder Data Warehouses.

—

The students know the core concepts of technologies used for the protection of privacy in information systems. The students also know the legal basis of data protection in Europe (GDPR), which is contrasted to the technical possibilities. The students know the differences between privacy and anonymity, know principles for attacks on privacy and anonymity and methods to protect them. The students know the special requirements in relevant use cases for information systems, such as medical information systems or data warehouses.

Fähigkeiten / Abilities

Die Studierenden der Lehrveranstaltung beherrschen die Auswahl und Anwendung von geeigneten Methoden zum Schutz der Privatsphäre und Anonymität in Informationssystemen unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Sie sind befähigt Datenschutz-Risiken in Informationssystemen festzustellen und zu bewerten.

—

The students of the course master the selection and application of suitable methods for the protection of privacy and anonymity in information systems, taking into account the specifics of the information system and legal requirements. The students are able to determine and evaluate data protection risks in information systems.

Kompetenzen / Competencies

Die Teilnehmer verstehen die Grundlagen des technischen Datenschutzes, insbesondere Methoden zur Anonymisierung, Pseudonymisierung und Privacy Modelle. Auch verstehen die Teilnehmer die rechtlichen Grundlagen in Europa für Datenschutz - die General Data Protection Regulation (GDPR). Die Teilnehmer können geeignete Methoden für unterschiedliche Informationssysteme auswählen und unter Beachtung der spezifischen Rahmenbedingungen anwenden.

—

The participants understand the basics of technical data protection, in particular methods of anonymization, pseudonymi-

	zation and privacy models. The participants also understand the legal basis for data protection in Europe - the General Data Protection Regulation (GDPR). The participants can select suitable methods for different information systems and apply them taking into account the specific framework conditions.
Inhalt Course content	Die Wahrung der Privatsphäre und Anonymität ist ein Themenbereich, welcher sowohl durch technische als auch durch rechtliche Rahmenbedingungen beeinflusst wird. Die Vorlesung behandelt diese Rahmenbedingungen im Kontext von Informationssystemen. Im ersten Teil der Vorlesung werden die grundlegenden Konzepte und Methoden vermittelt. Im zweiten Teil der Vorlesung werden unterschiedliche Anwendungsfälle in Informationssystemen mit spezifischen Anonymitäts- und Privatsphäre-Rahmenbedingungen erläutert. 1. Grundlagen von Privacy-Preservation • Rechtliche Grundlagen in Europa (GDPR) • Anonymität und Privatheit • Grundlagen der Datenhaltung in Informationssystemen • Privacy-Preserving Methoden (Anonymisierung, Privacy Modelle) • Tradeoff zwischen Privacy und Utility 2. Anwendungsfälle • Medizinische Forschungsdaten – Hippocratic Datenbanken und Purpose-based Access Control – Pseudonymisierung • Data Warehouse – Anonymisierungsstrategien – Anfrage-basierte Anonymisierung • Soziale Netzwerke – Datenschutzanforderungen an Soziale Netzwerke – Privacy-Preservation für Graph-Daten — Preserving privacy and anonymity is a topic area that is influenced by both technical and legal conditions. The lecture discusses these conditions in the context of information systems. In the first part of the lecture the basic concepts and methods are conveyed. In the second part of the lecture, different use cases in information systems with specific anonymity and privacy frameworks are detailed. 1. Basics of privacy preservation • Legal basis in Europe (GDPR) • Anonymity and privacy • Basics of data management in information systems • Privacy-preserving methods (anonymization, privacy

	models) • Tradeoff between privacy and utility 2. Use Cases • Medical research data – Hippocratic databases and purpose-based access control – Pseudonymization • Data warehouse – Anonymization strategies – Query-based anonymization • Social networks – Data protection requirements for social networks – Privacy preservation for graph data
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 Projektor Presentation with projector
Literatur Reading list	Die Literatur wird vom Dozenten zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben. The literature will be announced by the lecturer at the beginning of the lecture.

5807	Programming Applications for Mobile Interaction	PN 405026
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester	
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 „AISE“ Focus „AISE“	
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 2Ü Für die Vorlesung und die Übung im Rahmen der Lehrveranstaltung besteht Anwesenheitspflicht. In der Vorlesung findet eine wissenschaftlich-technische Einführung zu den Themen der Lehrveranstaltung statt, diese werden in den anschließenden Übungen direkt mit der Übungsleitung praktisch umgesetzt. Begründung: In der Lehrveranstaltung arbeiten die Teams von Studierenden an einem größeren Projekt über das ganze Semester hindurch. Es zu jedem Arbeitspaket bzw. Themengebiet ein Kolloquium statt, in denen über die Fortschritte berichtet, aufgetretene Probleme ausgetauscht und ihre Lösungen diskutiert werden; am Ende findet ein Abschlusskolloquium statt. Wird keine umfassende Anwesenheit bei den Kolloquien gefordert, wird die Kompetenz nicht geübt, vor anderen Studierenden zu präsentieren und auf ihre Fragen und Anmerkungen (und nicht nur die des Dozenten) einzugehen und diese zu diskutieren. Die Kompetenz, die präsentierten Inhalte zu analysieren, bewerten und kritisch zu diskutieren ist eine wesentliche Anwendung der Lehrveranstaltungsinhalte die nur bei Präsenz eingeübt werden kann. Die vereinzelte Abwesenheit aus nicht vom Studierenden zu vertretenden und nachgewiesenen Gründen ist möglich. Darüber hinaus kann die spezifische Aufgabenstellung besondere Ausstattung erfordern, die nur in den Laboren und Räumen der Universität in geeigneter Weise zur Verfügung steht. Ferner ist ggf. eine direkte Betreuung und Unterweisung an	

	speziellen Geräten notwendig. Daher ist bei spezifischen Aufgabenstellungen eine Bearbeitung außerhalb dieses Kontextes nicht möglich und die Anwesenheit dann zwingende Voraussetzung für die erfolgreiche Bearbeitung. Andernfalls ist die erfolgreiche Teilnahme an der Lehrveranstaltung gefährdet.
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 135 Std. Übungsaufgaben, Nachbearbeitung und Prüfungsvorbereitung 75 contact hours + 135 hours exercises and 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	Programmierung in Java, Mensch-Maschine-Interaktion, MES Praktikum oder SEP, zusätzlich ggf. Verteilte Systeme Programming in Java, Human-Computer-Interaction, MES or SEP Practical, optionally Distributed Systems
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 die Realisierung von umfangreichen Engineering-Projekten aus dem Kontext Mobiler Anwendungen und Systeme und die dazu notwendigen Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge kennen. Theoretische Kenntnisse vom Entwurf verteilter Systeme, der Entwicklung mobiler Anwendungen und Rechnernetze werden praktisch angewendet und durch die Systementwicklung eines komplexeren Gesamtsystems vertieft. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden beherrschen die praktischen Fragestellungen der Entwicklung und Umsetzung von Systemen bestehend aus mobilen Endgeräten und zentralen bzw. dezentralen Infrastrukturen sowie den maßgeblichen Einfluss der Mensch-Maschine-Interaktion mit dem Gesamtsystem. Die Studierenden können in einem kleinen Team effektive Lösungen erarbeiten und durchführen und erfolgreich ein vorlesungsbegleitendes Projekt im Team realisieren.

	<u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer erlernen soziale Kompetenz durch die Teamarbeit und die notwendigen organisatorischen und fachlichen Kompetenzen zur Durchführung von Projekten aus dem Kontext der mobilen Anwendungsentwicklung erfolgreich zu bearbeiten. Teil des Lernziels besteht in der Abschätzung und Kontrolle des Arbeitsaufwandes, sowie der Entwicklung von Strategien zum erfolgreichen Projektmanagement. Dazu werden Stundenzettel geführt.
Inhalt Course content	Im Rahmen der Lehrveranstaltung wird eine dem Umfang der Lehrveranstaltung angepasste mobile Anwendung (ggf. mit zugehörigem Backend-System) realitätsnah entwickelt mittels der Problemstellung angemessener Methoden und Werkzeuge im Team bearbeitet unter Anwendung geeigneter Vorgehensweisen zur Projekt- und Arbeitsorganisation. Insbesondere werden Vorgehensweisen aus den Bereichen Mensch-Maschine Interaktion (Prototyping, Entwicklung, Durchführung und Auswertung von Benutzerstudien, Human-Centered Software Engineering, Feldtests, Fokusgruppen), verteilte Systeme (Architekturentwurf verteilter Anwendungen, Verteilung von Funktionalität, Protokollentwurf), und Software Engineering (Agile Entwicklungsprozesse) eingesetzt. Das Vorgehen deckt sich soweit möglich mit bestehender Praxis aus Industrie und Forschung. Teams von in der Regel 2-3 Studierenden bearbeiten in der Übung gemeinsam und systematisch ein kleineres Projekt, das in mehrere Arbeitspakete strukturiert ist. Die genaue Aufgabenstellung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung schriftlich in Form einer Zielvorgabe mit minimalen Eigenschaften als Bestehenskriterien vorgegeben. Bei der Bearbeitung des vorlesungsbegleitenden Projekts werden folgende Engineering-Aktivitäten für die 1.) Infrastrukturkomponenten bzw. für die 2.) mobile Anwendung abgedeckt: 1. Analyse 1.) Detaillierte Festlegung der Anforderungen an das System. Beachtung der Grundprinzipien Präzision, Vollständigkeit und Konsistenz. Der Inhalt umfasst das Systemmodell als Übersicht, die geeignete Beschreibung der Systemumgebung mittels geeigneter Werkzeuge, sowie die Erfassung und Dokumentation funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen. 2.) Für die Mobile Anwendung sind, zusätzlich zu den genannten Aufgaben, Prototyping-Methoden einzusetzen (z.B. Wizard-of-Oz) bzw. Studien zur Identifikation der Nutzergruppen (z.B. Interviews) durchzuführen. 2. Entwurf

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

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

3. Umsetzung

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

2.) Die Umsetzung der Mobilen Anwendung wird durch spezielle Frameworks und Entwicklungssysteme aus dem Bereich mobiler Anwendungen unterstützt.

4. Validierung

1.) Validierung und Verifikation der Ergebnisse von Entwurf und Umsetzung auf Grundlage der durch Analyse bestimmten Anforderungen.

2.) Die mobile Anwendung ist durch geeignete Methoden aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion zu evaluieren und die Ergebnisse sind kritisch zu diskutieren. Hierzu können z.B. Beobachtung, Fragebögen, Effizienz- und Fehlermessungen bei der Interaktion eingesetzt werden.

Jedes Arbeitspaket kann eine oder mehrere dieser Aktivitäten umfassen und jede Aktivität kann Gegenstand eines oder mehrerer Arbeitspakete sein. Dabei müssen alle Aktivitäten durch Arbeitspakete adäquat abgedeckt sein. In den einzelnen Arbeitspaketen kommen projekt- und domänenspezifische Werkzeuge und Methoden zum Einsatz z.B. zum Test von Client/Server-Systemen, Schnittstellenbeschreibungssprachen, Service Description Languages.

Zu allen Arbeitspaketen werden Arbeitseinheiten definiert, deren Aufwand abgeschätzt und deren Realisierung z.B. anhand eines Gantt-Charts organisiert und durchgeführt. Das Ergeb-

	nis jedes Arbeitspakets wird durch einen kurzen Bericht dokumentiert, ggf. begleitet von Software. Aus dem Bericht sind auch Aufwandsabweichungen und Korrekturen vorangegangener Arbeitspakete ersichtlich. Jedes Arbeitspaket schließt mit einem Kurzvortrag in der nächsten Einheit ab. Die Teams werden durch ein festes wöchentliches Treffen mit dem Betreuer unterstützt. Die Lehrveranstaltung schließt mit einem Abschlusskolloquium ab, in dem das fertig entwickelte System präsentiert und abgenommen wird.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Schriftliche Dokumentation in Form eines technischen Berichts, mündliche Präsentationen zu den Arbeitspaketen, die durch geeignete Medien (z.B. Folien) unterstützt werden Dokumentierter und funktionsfähiger Quelltext inkl. aller zur Demonstration notwendigen Informationen, sowie einer Systemdemonstration im Rahmen des Abschlusskolloquiums.
Medienformen Media used	Präsentation mit Projektor, Gruppenarbeit, Wiki Projector presentation, group work, wiki
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekannt gegeben Die Literatur wird in Abhängigkeit der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben.

5812 Stochastische Simulation PN 451017	
Stochastic Simulation	
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, Yaroslavtseva
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AEMM“ Focus „AEMM“
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 1Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 60 Std. Übungen + 90 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 60 hrs exercises + 90 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, Lineare Algebra I, Programmierung I, Einführung in die Stochastik Analysis 1, Linear Algebra 1, Programming 1, Introduction to Stochastics
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Kenntnis grundlegender Algorithmen der stochastischen Simulation, ihrer Eigenschaften und typischer Anwendungen.

	— Knowledge of basic algorithms of stochastic simulation, their properties and typical applications <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Fähigkeit zur effizienten Implementierung dieser Verfahren und zur Darstellung und Interpretation von Simulationsergebnissen im Rahmen der Stochastik und Statistik. Fähigkeit zur eigenständigen Erarbeitung und Präsentation eines Themas aus der stochastischen Simulation. — Ability to efficiently implement these methods and to present and interpret simulation results in the context of stochastics and statistics. Ability to independently develop and present a topic in stochastic simulation.
Inhalt Course content	Das Verfahren der direkten Simulation, Simulation von Verteilungen, Methoden der Varianzreduktion, Markov Chain Monte Carlo-Methode, Numerische Integration — Direct Simulation, Simulation of Distributions, Variance reduction, Markov Chain Monte Carlo, Numerical integration
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Zwei Teilleistungen: Teilleistung 1 (80%): 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Teilleistung 2 (20%): Vortrag (ca 15 Minuten) über ein Thema der Stochastischen Simulation. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden. Examination in two parts Part 1 (80%): 90-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. Part 2 (20%): Oral presentation of about 15 minutes on a subject from Stochastic Simulation To pass the examination both parts have to be passed.
Medienformen Media used	Overhead, Beamer, Tafel Slides, projector, blackboard
Literatur Reading list	Müller-Gronbach, Novak, Ritter: Monte Carlo-Algorithmen, Springer, 2012

	Weiteres nach Empfehlung des Dozenten / Further reading announced during the lecture
--	--

5820 IT-Sicherheit PN 405390	
Advanced IT Security	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Posegga
Dozent(in) Lecturer	Posegga
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
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	Keine None
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Grundlegendes Wissen über die wichtigsten Konzepte für den Betrieb sicherer und (meist) verteilter Rechnersysteme, dazu gehören u.a. Teilkomponenten aus den Bereichen Betriebssysteme, Kommunikations- und IT-Sicherheit, insb. kryptografi-

sche Grundlagen inkl. PKI, Grundlagen der Netzwerksicherheit, Grundlagen der Sicherheit von Betriebssystemen, grundlegende Sicherheitsprotokolle und -standards, Sicherheitsarchitekturen, AAA in verteilten Systemen.

—

Basic knowledge of the key concepts for the operation of secure and (mostly) distributed computing systems. These include sub-components in the areas of operating systems, communications and IT security, especially cryptographic basics including PKI, principles of network security, principles of operating system security, basic security protocols and standards, security architectures, AAA in distributed systems.

Fähigkeiten / Abilities

Der Student ist in der Lage Konzepte anhand von selbst zu lösenden und zu diskutierenden Aufgaben aus ausgewählten Teilbereichen verstehen und Betriebssysteme und Netzwerke bezüglich der Sicherheit analysieren können. Der Student kann passende Verschlüsselungsverfahren für verschiedene Anwendungsfelder auswählen und Kommunikationsmechanismen in unterschiedlichen Szenarien anwenden. Der Student ist befähigt Verschlüsselungsverfahren anzuwenden.

—

Students have a firm grasp of concepts from selected sub-areas, based on exercises solved by the students themselves. Furthermore, they are able to analyse the security of operating systems and networks. Students are able to select appropriate encryption methods for various applications and implement communication mechanisms in different scenarios. Students have the ability to correctly implement encryption methods.

Kompetenzen / Competencies

Der Student ist befähigt Konzepte und Architekturalternativen für Kommunikationsmechanismen (Dienste und Protokolle) kennen, bewerten und auswählen zu können. Der Student hat die Kompetenz des Einsatzes von PKI-Technologie in verschiedenen Anwendungsfeldern und die Sicherheit von symmetrischen und asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren beurteilen zu können. Der Student versteht Sicherheitsprotokolle und -standards einstufen und Sicherheitsarchitekturen bewerten zu können. Der Student erlernt die Kooperations- und Teamfähigkeit in den Präsenz- und praktischen Rechnerübungen. Der Student steigert die Problemlösungskompetenz durch selbstständiges Erarbeiten von Lösungen in den Übungen. Der Student kann die Komplexität systematisch beherrschen und kritische Bewertung von Lösungsansätzen und ihrer algorithmischen Umsetzung durchführen.

	— Students are able to identify, evaluate and select concepts and architectural alternatives for communication mechanisms (services and protocols). Students are expected to be competent in the use of PKI technology in various scenarios and to be able to assess the security of symmetric and asymmetric encryption methods. Students are well-versed in security protocols and standards and are able to classify and assess security architectures. Students have learnt cooperation and teamwork in the classroom and practical computer tutorials. Students have also honed their problem-solving skills by working through the exercises in the tutorials, autonomously arriving at a solution. Students are able to systematically address the complexity and perform critical assessment of approaches and its algorithmic implementation.
Inhalt Course content	In dem Modul werden folgende Inhalte behandelt: Einführung in die IT-Sicherheit; kryptographische Grundlagen; Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit; Authentication & Authorization; Sicherheitsmodule; OTPs, Token; Sicherheitsprotokolle; Grundlagen; SSL; IPSEC; Benutzerverwaltung; Zugriffsschutz; Sicherheit von TCP/IP Diensten; Grundlegende Sicherheitsprotokolle und –standards; Symmetrische Verschlüsselung (DES, AES, etc.); Asymmetrische Verschlüsselung (RSA, PGP); AAA in verteilten Systemen; Kerberos; X.509 Authentifikation; Netzwerk- und Internetsicherheit; IPSec; TLS/SSL; Einführung in PKI; Zertifikate; Schlüsselgenerierung; Certificate authorities; Certificate revocation und CA Hierarchie. — In the module, the following topics are treated: Introduction to IT Security, Cryptographic Basics, Confidentiality, Integrity, Availability, Authentication & Authorization, security modules; OTPs, tokens, security protocols, foundations, SSL, IPSEC, user management, access protection, security of TCP/IP services, Basic security protocols and standards; Symmetric encryption (DES, AES, etc.); Asymmetric encryption (RSA, PGP), AAA in distributed systems, Kerberos, X.509 authentication, network and Internet security, IPSec, TLS/SSL, introduction to PKI, certificates, key generation, certificate authorities, certificate revocation and CA hierarchy
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 min Klausur oder ca. 15 min mündliche Prüfung, jeweils in englischer oder deutscher Sprache und je nach Anzahl der Hörer. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben

	90-minute written examination or 15-minute oral examination, depending on the number of listeners, in English or German. 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	H.-P. Gumm, M. Sommer: „Einführung in die Informatik“, 5. Auflage Oldenbourg-Verlag, München, 2002 Dieter Gollmann: Computer Security, John Wiley, 1999 W. Stallings: Cryptography and Network Security, Pearson, 2003 Niemi and Nyberg: UMTS Security, John Wiley, 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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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)

5843 Software-Analyse PN 455368	
Software Analysis	
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	Fraser
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungsaufgaben, Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 120 hours 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	Software Engineering, Programmierung I + II, SEP Software Engineering, Programming I + II, SEP
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden erlernen Basiskonzepte der Analyse von Software und fortgeschrittene Methoden zur Fehlerfindung. Die Konzepte umfassen statische Methoden der Sourcecode-Analyse, dynamische Methoden der Laufzeitana-

	lyse, Bytecodeinstrumentierung, Testmethoden, automatisierte Debugging- und Testmethoden, Fehlervorhersage, sowie automatisierte Korrektheitsbeweise. — Students learn about the basic concepts of software analysis and advanced methods of identifying software defects. The concepts include static source code analysis, dynamic program analysis, bytecode instrumentation, testing methods, automated debugging and fault localisation, defect prediction, as well as formal verification. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Teilnehmer lernen die wichtigsten Methoden zum Analysieren von Softwaresystemen kennen. Insbesondere sind sie in der Lage, Analysemethoden programmiertechnisch umzusetzen. Die dazu benötigten grundlegenden Algorithmen können die Studierenden erklären und ggf. mit alternativen Algorithmen vergleichen. — The participants are familiar with the most important methods for analysing software systems and are able to implement these. They can explain the basic algorithms used in their implementation and compare them with alternative ones. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer erlernen theoretische und praktische Kompetenzen in der Konzeption, Umsetzung und Evaluierung von Softwareanalysen. Weiterhin sind die Studierenden befähigt, einzelne Analysen auch auf andere Problemstellungen und Analyseziele anzupassen. — The participants gain theoretical and practical competencies concerning the conception, implementation and evaluation of software analyses. In addition, they are able to adapt individual analyses to different problems and purposes.
Inhalt Course content	The course covers the following topics: • Control- and Dataflow Analysis • Code Clone Detection • Slicing • Fault localisation • Fuzzing • Defect prediction • Abstract Interpretation • Symbolic Execution • Software model checking • Program repair • Reverse engineering

Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder Porfolio-Prüfung. Mögliche Portfoliobestandteile sind technische Berichte, dokumentierter und funktionsfähiger Quelltext für Softwareanalysen, Live-Systemdemonstration, Teilpräsentationen zu Einzelleistungen, laufende, fortzuschreibende technische Teilberichte zur Zusammenfassung zu einem Gesamtdokument, Abschlusspräsentation. Die genauen Anforderungen werden vom Dozierenden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. 90-minute exam or portfolio-exam. The exact mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Übungsblätter Presentation, projector, exercises
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. Will be announced in the lectures. Further reading will be announced for the individual assignments.

5844 Advanced Software Product Development PN 455317	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Fraser
Dozent(in) Lecturer	Fraser
Sprache Language of instruction	Deutsch German
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	2Ü+4P
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 210 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums 90 contact hours + 210 hours independent study
ECTS Credits	10
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierung I + II, SEP, Software Engineering Programming I + II, SEP, Software Engineering
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden erlernen Methoden und Techniken zur Entwicklung eines Software Systems aus einer holistischen Sicht, von der Ideenfindung, über die Konzeption und Analyse der Anforderungen, bis hin zum fertigen Produkt und dessen Vermarktung. —

	The students learn holistic methods and techniques for developing software systems from ideation over the conception and requirements analysis to the finished product and its marketing. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Teilnehmer erwerben die Fähigkeit, Methoden, Praktiken und Tools der agilen Softwareentwicklung zur Entwicklung umfangreicher Softwaresysteme zielgerichtet einzusetzen und auf neue Probleme bis hin zur Produktreife zu übertragen. — The participants gain the ability to apply methods, practices and tools of agile software development to produce extensive software systems and transfer them to new problems as far as production readiness. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer erwerben Kompetenzen auf technischer, methodischer und auf organisatorischer Ebene. Sie sind in der Lage, für ein gegebenes Problem Anforderungen zu erfassen, ein Design sowohl auf technischer als auch auf Benutzerebene zu erstellen, und dieses effizient umzusetzen. — The participants gain technical, methodical and organizational knowledge. They are able to determine the requirements for a given problem, to create a design at a technical and user level, and to implement it efficiently.
Inhalt Course content	Studierende bearbeiten eine Problemstellung, die als grober thematischer Rahmen vorgegeben wird. Aus diesem Rahmen heraus entwickeln die Studierenden konkrete Lösungsideen, welche schrittweise verfeinert und zu einem Produkt entwickelt werden. Ausgangspunkte für die Problemstellungen bilden technische oder gesellschaftliche Fragestellungen, welche zu Beginn der Veranstaltung ausgewählt werden. Zentral sind hierbei auch die Problemstellungen, welche aktuelle Themen des Software Engineering formen, etwa Data Science oder Machine Learning. Dabei werden in der Veranstaltung immer mindestens die folgenden Grundthemen behandelt: • Anforderungsanalyse mit User Stories • Agile Entwicklung mit Scrum/Kanban/Scrumban • Test Driven Development • UX Design • Marketing • Rechtliche Aspekte (Copyright, Lizenzen, etc.) • Gründung/StartUp Übergeordnetes und erwünschtes Ergebnis der Arbeiten ist ein potenziell vermarktbare Produkt, d.h. eine Software, die allen

	wesentlichen Qualitätsanforderungen an eine produktiv einsetzbare Software entspricht und einen für ein erfolgreiches Produkt ausreichend großen Nutzerkreis erreichen kann. Studierende erhalten theoretische Grundlagen in Vorträgen, und erarbeiten in kleinen Teams eine Lösung für das Problem. Dabei folgen die Studierenden einem agilen Vorgehensmodell in Iterationen mit rotierenden Rollen, inklusive regelmäßiger Review- und Planungstreffen; beginnend bei eigener Anforderungsanalyse, bis hin zur Endabnahme und Vermarktung. — Given a technical or social issue announced at the beginning of the course, students develop their own solutions to the topic, which they refine step by step. For this, current issues in software engineering such as data science and machine learning play a central role. The course covers at least the following topics: • Requirements analysis with user stories • Agile development with Scrum/Kanban/Scrumban • Test driven development • UX design • Marketing • Legal aspects (copyright, license, etc.) • StartUp The desired result is a marketable product meeting all central quality requirements a deployable software should meet as well as a broad spectrum of potential users. Students gain knowledge about the theoretical foundations through presentations. Participants work in small teams to come up with a solution using an agile process model with rotating roles including regular meetings for review and planning.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung. Mögliche Portfoliobestandteile sind: Dokumentierter und funktionsfähiger Quelltext für einzelne Module, Live-Systemdemonstration, technischer Bericht, Burndown-Charts und Prozessdokumentation, Teilpräsentationen zu Einzelleistungen, Abschlusspräsentation der erstellten Software und der verwendeten Methodiken mit anschließenden mündlichen Prüfungsfragen Die genauen Anforderungen werden vom Dozierenden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. — Portfolio-exam. Possible components of the portfolio include: Documented, compilable source code of all software components, Live demonstrations, Technical report, Burndown-charts and documentation of development process, Presenta-

	tions of individual components and steps, Final presentation of the software product and the methodology applied with oral examination. The exact mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Übungsblätter Presentation, projector, exercises
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekannt gegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. Will be announced in the lectures. Further reading will be announced for the individual assignments.

5845	Search-Based Software Engineering	PN 455378
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Fraser	
Dozent(in) Lecturer	Fraser	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Übungsaufgaben, Nachbearbeitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 120 hours 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	Software Engineering, Programmierung I + II, SEP Software Engineering, Programming I + II, SEP	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Search-based Software Engineering (SBSE) beschreibt die Anwendung meta-heuristischer Suchverfahren wie genetische Algorithmen, Simulated Annealing, oder Tabu Search, auf Software Engineering Probleme. Die Vorlesung deckt theoretische Grundlagen meta-heuristischer Suchverfahren ab (lo-	

kale Suchverfahren und Populations-basierte Verfahren wie Genetische Algorithmen oder Particle Swarm Optimisation) und deren Anwendung auf Softwareentwicklungsprobleme des gesamten Softwareentwicklungsprozesses (Requirements, Design, Planung, Testing, Wartung, etc). Die Studierenden erlernen theoretische Grundlagen meta-heuristischer Suchverfahren und die wichtigsten Algorithmen lokaler und populations-basierter Suchalgorithmen sowie Basiskonzepte der Optimierungsprobleme in der Softwareentwicklung.

Search-based software engineering (SBSE) applies metaheuristic search techniques such as genetic algorithms, simulated annealing and tabu search to software engineering problems. This course covers the theory of major classes of metaheuristic optimisation algorithms, including local search algorithms and population based optimisation (such as genetic algorithms and particle swarm optimisation) and their application to software engineering problems across the software development lifecycle (requirements, design, planning, testing, maintenance, etc). Participants will learn the fundamental basics of metaheuristic search, as well as essential local and population-based search algorithms and their application areas in software engineering.

Fähigkeiten / Abilities

Die Teilnehmer kennen die wichtigsten meta-heuristischen Suchalgorithmen und deren Anwendungsgebiete in der Softwareentwicklung. Sie sind in der Lage, Optimierungsansätze programmiertechnisch umzusetzen. Dazu benötigte grundlegende Algorithmen können sie erklären und vergleichen.

Participants know the most important meta-heuristic search algorithms and their application areas in software engineering. They will be able to implement, explain and compare relevant algorithms.

Kompetenzen / Competencies

Die Teilnehmer erlernen theoretische und praktische Kompetenzen in der Konzeption, Umsetzung und Evaluierung von Suchverfahren in der Anwendung auf Softwareentwicklungs-Probleme. Die Studierenden sind befähigt, einzelne Optimierungsansätze auch auf andere Problemstellungen anzupassen.

Participants learn theoretical and practical competencies for the conception, implementation, and evaluation of search algorithms and their application to problems in software engineering. In particular, participants will be able to implement

	these algorithms and apply them to new problems.
Inhalt Course content	• Local Search • Evolutionary Algorithms • Multi-Objective Optimisation • Memetic Algorithms • Novelty Search • Parallel Search • Search-based Testing • Genetic Programming • Genetic Improvement • Program Repair
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder Portfolio-Prüfung. Mögliche Portfoliobestandteile sind technische Berichte, dokumentierter und funktionsfähiger Quelltext für Softwareanalysen, Live-Systemdemonstration, Teilpräsentationen zu Einzelleistungen, laufende, fortzuschreibende technische Teilberichte zur Zusammenfassung zu einem Gesamtdokument, Abschlusspräsentation. Die genauen Anforderungen werden vom Dozierenden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben. 90-minute exam or portfolio-exam. The exact mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Übungsblätter Presentation, projector, exercises
Literatur Reading list	Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben. Will be announced in the lectures. Further reading will be announced for the individual assignments.

5874 IT-Sicherheitsrecht PN 222431	
IT Security Law	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semesters
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Schröder, Lewinski (Juristische Fakultät / Faculty of Law)
Dozent(in) Lecturer	Hartl (Juristische Fakultät / Faculty of Law)
Sprache Language of instruction	Deutsch German
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 120 hours self study
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 erwerben Kenntnisse der Rechtsgrundlagen des IT-Sicherheitsrechts (verfassungsrechtliche Grundlagen und öffentlich sowie zivilrechtliche Bezüge einschließlich des Datenschutzrechts und weiterer spezialgesetzlicher Regelungen) sowie des Themenkomplexes IT-Sicherheitsrecht ins-

	gesamt aus politischer, wirtschaftlicher und technischer Perspektive; dies schließt die Kenntnis der wichtigsten höchstrichterlichen Rechtsprechung mit ein. Zudem erlangen die Studierenden Kenntnis von Fallkonstellationen, in denen technische Systeme und ihr Einsatz in der Praxis typischerweise IT-Sicherheitsrechtliche Fragen aufwerfen. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden beherrschen die Erfassung juristischer Probleme technischer Sachverhalte auf Basis der relevanten rechtlichen Grundlagen im IT-Sicherheitsrecht. Die Studierenden beherrschen die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen für die jeweiligen rechtlichen Probleme im Themenbereich IT-Sicherheit. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden besitzen die Kompetenz zur Anwendung spezifisch juristischer Methoden der Fallbearbeitung und -lösung sowie Transferkompetenz zur Anwendung des erworbenen Wissens und der erworbenen Fähigkeiten auf die typischerweise sehr schnell auftretenden neuen Probleme des IT-Sicherheitsrechts. Sie beherrschen die Interaktion zwischen technisch und juristisch ausgebildeten Personen im beruflichen Umfeld (gegenseitige Wissensvermittlung, gemeinsame Problemlösungsstrategien).
Inhalt Course content	Zunächst erfolgt eine grundlegende Einführung in die Thematik des IT-Sicherheitsrechts. Dabei werden Grundfragen an den Schnittstellen von Technik und Recht sowie rechtliche Grundprinzipien vorgestellt und ergänzend die relevanten Normen und die Arbeit mit zentralen rechtlichen Konzepten (allgemeine Grundlagen des Zivilrechts und öffentlichen Rechts wie Haftung, Anspruchsgrundlagen, Verschulden und Verschuldens-typen, auslegungsbedürftige Tatbestandmerkmale, Ermessen oder Formen des Verwaltungshandeln) eingeführt. Es folgen themenspezifische Blöcke immer unter Rückgriff auf eingeführten Grundlagen. Dabei werden – unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen und Schwerpunkte – Grundrechte und staatliches Eingriffshandeln sowie Schutzpflichten, Grundlagen des Datenschutzrechts, des technischen Datenschutzes, IT-Sicherheit im arbeitsrechtlichen Kontext, Haftungs- und Produkthaftungsfragen (einschließlich Vertragsgrundlagen und Providerhaftung), strafrechtliche Flankierung sowie Frage nach der rechtskonformen Modellierung der Organisation der IT-Sicherheit im Unternehmen behandelt. Schließlich sind öffentlich-rechtliche Regularien und Vorgaben an den Schutz (kritischer) technischer Infrastruktur Teil der Veranstaltung.

	Schwerpunkt der Veranstaltung sind insgesamt, vor dem Hintergrund der genannten Themen, die mehrdimensionalen rechtlichen Anforderungen an Akteure unter dem Aspekt der IT-Sicherheit, dabei vor allem die Vermeidung rechtlicher Risiken und der Umfang rechtlicher Verantwortung auf privater Ebene sowie Auftreten und (mögliche) Regulierungsansätze der öffentlichen Hand.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 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 (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	Präsentation und Beamer Presentation and projector
Literatur Reading list	Köhler/Fetzer - Recht des Internet (Start ins Rechtsgebiet), 2016 Voigt, IT-Sicherheitsrecht, 2018 Kühling/Klar, Datenschutzrecht (Start ins Rechtsgebiet), 2018 Hornung/Schallbruch (Hrsg.), IT-Sicherheitsrecht, 2020 Weitere Hinweise in der Vorlesung

5942	Network Science	PN 482601
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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

5943	Data Science Lab	PN 482604
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIM“ Focus „AIM“	
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	Visual Analytics oder Network Science oder Advanced Topics in Data Science, Kenntnisse in Python Visual Analytics or Network Science or Advanced Topics in Data Science, Python Programming Language	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students will acquire knowledge of current data analysis technologies and corresponding python libraries to analyze web-based data sets such as Web pages, social networks, user data, etc. They will obtain methodological knowledge.	

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

5944	Machine Learning Lab	PN 455382
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIM“ Focus „AIM“	
Lehrform/SWS Contact hours	4Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums 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 oder Visual Analytics, Kenntnisse in Python Advanced Topics in Data Science or Visual Analytics, Python Programming Language	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students will acquire knowledge on implementation details of machine learning and optimization algorithms and how to realize them using numerical libraries in Python. Covered algo-	

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

5945	Advanced Topics in Data Science	PN 482603
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIM“ Focus „AIM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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	Unregelmäßig Irregular
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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	Unregelmäßig Irregular
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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)

5962 Symbolische Dynamik und Kodierung PN 405212	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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	Lehramt Mathematik, Bachelor Mathematik, Master Informatik Teacher training programme for secondary education in Mathematics (Gymnasium), Bachelor Mathematics, Master Computer Science
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

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Artificial Intelligence Engineering
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

5970 Scaling Database Systems PN 451016	
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	Scherzinger
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
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 Datenbanken- und Informationssysteme (DBIS I + II) Programming skills, fundamentals of databases and information systems (DBIS I + II)
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Skalierbarkeit bei der Verarbeitung von großen Datenmengen. Sie verstehen die Stärken und Grenzen von NoSQL Datenbanksystemen

	sowie den Zusammenhang zwischen der Architektur und der Leistungsfähigkeit eines Datenbankmanagementsystems. — The students understand the importance of scalability when managing large amounts of data. They understand about strengths and limitations of NoSQL data stores and how database systems architecture enables performance. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, für ein konkretes Datenverarbeitungsproblem ein geeignetes NoSQL Datenbankmanagementsystem auszuwählen. — The students are able to map a specific data management problem to a suitable NoSQL database management system. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden können eigene Optimierungen für Datenmanagementsysteme entwickeln und auch implementieren. — The students have the competence to design their own optimizations for data management systems and 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	Teil 1: Individuelles Programmierprojekt „miniHive“ in Python Teil 2: 60 min. schriftliche Klausur Die Punkte für die Gesamtnote errechnet sich 30% aus Teil 1, und zu 70% aus Teil 2. 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.
Medienformen Media used	Flipped Classroom (Videos im Selbststudium, Vertiefung des Stoffes anhand von Übungsaufgaben im Präsenzstudium), be-

	gleitendes Programmierprojekt (Python) Flipped classroom (videos for self-study, in-class exercises), programming project (Python)
Literatur Reading list	Peter Bailis, Joseph M. Hellerstein, Michael Stonebraker, (editors), Readings in Database Systems, 5 th edition. Anand Rajaraman, Jeffrey Ullman: Mining of Massive Data-sets, Cambridge University Press, 2020. Martin Kleppmann: Designing Data-Intensive Applications, O'Reilly, 2017. Stefanie Scherzinger, Build your own SQL-on-Hadoop Query Engine: A Report on a Term Project in a Master-level Database Course, SIGMOD Record, June 2019.

5972	Reproducibility Engineering	PN 455420
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „CCC“ Focus „CCC“	
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	Grundlegende Programmierkenntnisse, z. B. Python, Erstellen von Dokumenten mit LaTeX, Arbeiten mit der Linux Shell Basic programming skills, e.g., Python, writing documents with LaTeX, working with the Linux shell	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Studierende verstehen den Unterschied zwischen den Termini Repeatability, Reproducibility und Replicability in Datenanalysen. Die Studierenden erkennen typische Schwächen und	

	Nachteile von Datenanalyse-Pipelines. Sie wissen, wie Forschungsartefakte strukturiert und dokumentiert werden müssen, um autarkes Verständnis der beinhalteten Daten sicherzustellen. Die Studierenden verstehen, wie ein Reproduktionspaket Artefakte organisiert. — Students understand the difference between repeatability, reproducibility, and replicability of data analyses. They recognize common weaknesses in data analysis pipelines. The students know how to structure and document research artefacts and how a reproduction package organizes research artifacts. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können bestehende Forschungsanstrengungen reproduzieren, wenn ein Reproduktionspaket vorhanden ist. Sie erkennen typische Schwächen in bestehenden Reproduktionspaketen und sind in der Lage, eigene Reproduktionspakete von Grund auf zu entwerfen und zu veröffentlichen. — The students are able to reproduce research results, given a reproduction package. They recognize obvious weaknesses in given reproduction packages and are able to design and publish a reproduction package of their own. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind in der Lage, die erlernten Kompetenzen in ihrer eigenen Forschung anzuwenden (z. B. im Rahmen der Masterarbeit). Sie sind in der Lage, die erlernten Kompetenzen in ihrer künftigen Erwerbstätigkeit (sowohl in Forschung als auch in Industrie) anzuwenden. — The students are able to apply the skills acquired to their own research (e.g., preparing their Masters thesis). They are able to transfer the skills acquired in their future careers (both in academia and industry).
Inhalt Course content	• The replication crisis • Repetition, replication, and reproduction • Structured presentation of results and literate programming techniques • Different types of reproducibility • Deterministic builds • Ascertaining long-term availability • Producing consistent, readable histories • Electronic notebooks • Packaging research artefacts • Describing execution environments • Traps and Pitfalls

	• DOI safety • Dealing with proprietary artefacts • Dealing with hardware • End-to-end reproduction • Lab Session (continuous): Guided hands-on analysis projects based on real-world scientific data
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-exam with three deliverables: (1) a 2-page written report, (2) a fully automated reproduction package for an individual data analysis project, and (3) a 15-minute presentation. The individual project is chosen in agreement with the lecturer, e.g., reproduction of published research; designing reproduction approaches for projects in the students' field of study; presentation of experiments or deep-dives into selected aspects of reproducibility.
Medienformen Media used	On-site lectures, enhanced with course videos. On-site lab exercises.
Literatur Reading list	Hadley Wickham, Garret Golemund: R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data, O'Reilly (2017) Victoria Stodden, Friedrich Leisch, and Roger D. Peng (eds): Implementing Reproducible Research, CRC Press (2014) Justin Kitzes and Daniel Turek and Fatma Deniz: The practice of reproducible research: case studies and lessons from the data-intensive sciences, University of California Press (2017)

5973	SQL for Data Science	PN 472790
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AISE“ Focus „AISE“	
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	Programmierkenntnisse, Grundlagen Datenbanken- und Infor- mationssysteme (DBIS I + II) Programming skills, fundamentals of databases and informa- tion systems (DBIS I + II)	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Wirtschaftsinformatik, Master Business Administration Master Computer Science, Master Information Systems, Mas- ter Business Administration	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> SQL proficiency within the context of data science; Under- standing of the data life cycle; Handling non-traditional data	

	formats like XML/JSON and text; Integration of SQL with programming languages <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Perform data analysis tasks using SQL; Write efficient SQL queries, avoid SQL anti-patterns; Understand and navigate the data life cycle; Handle diverse data formats for analysis <u>Kompetenzen / Competencies</u> Proficiency in SQL for data science applications; Competence in data loading, cleaning, and pre-processing; Ability to apply SQL queries for data exploration, cleaning, and transformation
Inhalt Course content	This advanced database class offers a comprehensive understanding of the data life cycle and the potential of SQL in various data analysis tasks. Students explore topics ranging from data loading and cleaning to pre-processing, while mastering relational databases and handling non-traditional data formats such as XML/JSON and text. Integration with programming languages (like R and Python) further enriches students' abilities, enabling seamless interaction with databases and enhancing data analysis workflows. Practical exercises and hands-on experience with PostgreSQL solidify students' competencies, equipping them with the essential skills to excel in data science and database management roles.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	60-minütige Klausur 60-minute written examination
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Arbeitsblätter Presentation and projector, worksheets
Literatur Reading list	Antonio Badia: SQL for Data Science - Data Cleaning, Wrangling and Analytics with Relational Databases. Springer 2020 Bill Karwin: SQL Antipatterns. Pragmatic Programmers, LLC, 2017 Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke: Database Management Systems. McGraw-Hill, 3rd edition, 2002

5980	Text Mining	PN 405024
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	Granitzer	
Dozent(in) Lecturer	Mitrovic	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
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	Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Programmier- kenntnisse in Java oder Python Linear Algebra, probability theory, programming in java or py- thon	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden sollen die Grundlagen des Text-Mining ver- stehen. Sie erwerben Kenntnisse über textorientierte Algorith- men mit deren Hilfe Kerninformationen der verarbeiteten Tex-	

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

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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 „AIM“ Focus „AIM“	
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics	
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

5996	Markovketten	PN xxxxxx
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 German	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AEMM“ Focus „AEMM“	
Lehrform/SWS Contact hours	4V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 + 30 Std. Präsenz, 90 + 90 Std. Eigenarbeitszeit 60 + 30 hours, 90 + 90 hours exercises and 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, Lineare Algebra I, Einführung in die Stochastik Analysis I, Linear Algebra I, Introduction to Stochastics	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Bachelor Mathematik, Master Informatik Bachelor Mathematics, Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Theorie von Markovketten. Das beinhaltet die Vermittlung der grundlegenden Konzepte von Markovketten, unterschiedlicher Verhalten von Irrfahrten auf unendlichen Zustandsräumen als auch verschiedener Anwendungsmöglichkeiten. Ferner wird den Studierenden das Zusammenspiel verschiedener mathematischer Bereiche (Wahrscheinlichkeitstheorie, Analysis, Al-	

	gebra, Graphentheorie) demonstriert. — The students shall get an overview on Markov chain theory. They shall acquire the basic concepts of Markov chains, different behaviours of random walks on infinite structures and their applications. Furthermore, the interplay of different mathematical fields (Probability Theory, Analysis, Algebra, Graph Theory) will be demonstrated.
Inhalt Course content	Grundlagen der Theorie von Markovketten, Rekurrenz und Transienz, invariante Maße und Gleichgewichte, Stoppzeiten, Erzeugendenfunktionen, Reduzible und irreduzible Klassen, Irrfahrten auf Graphen und Gruppen, Asymptotisches Verhalten von Markovketten und Tail-σ-Algebra, Galton-Watson Prozesse und Verzweigende Irrfahrten — Fundamental basics of Markov chain theory, recurrence and transience, invariant measures and equilibria, stopping times, generating Functions, reducible and irreducible classes, random Walks on Graphs and Groups, asymptotic behaviour of Markov chains and tail-σ-algebra, Galton-Watson process and branching random walks
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minütige schriftliche Prüfung oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 90 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, Beamer Blackboard, Beamer
Literatur Reading list	P. Brémaud: „Markov Chains: Gibbs Fields, Monte Carlo Simulation, and Queues“, Springer, 1999. R. Durrett: „Probability. Theory and Examples. (Fourth Edition)“, Cambridge University Press, 2010. G. Grimmett and D. Welsh: „Probability: An Introduction“, Oxford University Press, 2014. W. Woess: „Denumerable Markov Chains“, European Mathematical Society Publishing House, 2009.

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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
--	---

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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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.

6047	Digital Healthcare	PN 455409
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Jahr Every year	
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 „AISE“ Focus „AISE“	
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	Erfolgreiche Absolvierung der Module „Mobile Human- Computer Interaction“ oder „Grundlagen der Mensch- Maschine Interaktion“, Kenntnisse in Python	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Kenntnisse / Skills/Knowledge Die Studierenden lernen die grundlegenden Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge kennen, um Daten im Bereich Di- gital Health zu erfassen, zu verarbeiten und zu bewerten unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an Sicherheit	

	und Vertraulichkeit die an personen- und gesundheitsbezogenen sensiblen Daten gestellt werden. Die Studierenden kennen den grundlegend Entwicklungsstand im Bereich Digitalisierung im Gesundheitswesen. An Hand von Beispielbereichen wie Rettungsdienst und persönlichen Gesundheit wird dieser exemplarisch vermittelt und vertieft. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Strukturen und Formate, in denen Gesundheitsdaten vorliegen können, sowie die zugehörigen rechtlichen Rahmenbedingungen. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden können bestehende Lösungen im Bereich Digital Healthcare grundlegend bewerten und analysieren. Sie können Prototypen für mögliche Anwendungen und Systeme entwerfen und beschreiben und grundlegend mit Hilfe von geeigneten Prototyping-Werkzeugen beschreiben. Die hierfür notwendigen Vorgehensweisen, Methoden und Werkzeuge, zum Beispiel zur Entwicklung von „Gesundheits-Apps“, werden beherrscht und können von den Studierenden eingesetzt werden. Die Studierenden besitzen die Kompetenzen zur Konzipierung, Durchführung und Evaluation von Studien, und können bestehende Studienergebnisse grundlegend bewerten. Grundlegende sicherheitstechnische, rechtliche und ethische Aspekte bei der Umsetzung von Projekten im Bereich des Digital Healthcare sind den Studierenden bekannt und im Rahmen von Entwicklungstätigkeiten beachtet und die verschiedenen Phasen integriert.
Inhalt Course content	Allgemeiner Hintergrund und soziokulturelle Aspekte: • Historische Entwicklung zu Evidence Based Care • Demokratisierung der Gesundheit/Gesundheitsvorsorge • Risiken und Chancen von Digital Healthcare Gesundheitsdaten (Theorie) • Big Data • Productivity Paradox • Change-Management Gesundheitsdaten (Praxis) • Analyse eines Herz-EKG • Vorverarbeitung (z.B. SAX) • Statistische Auswertung (z.B. Student-T, Chi-Square) • Anomalie-Erkennung • Visualisierung Studien • Rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. informed consent) • Ethikanträge • Design

	• Durchführung • Auswertung Sicherheit • Safety vs. Security • Advanced Persistent Threats im medizinischen Sektor • Phishing, Spearphishing, Ransomware • Schutzvorkehrungen (z.B. AES) Elektronische Patientenakten und Privatsphäre • Aufbau einer EPA • Datenquellen (z.B. Smartphones, Tracker, Genetische Datenbanken) • Gefährdung durch Daten (gläserner Patient) Rechtliches • Digitale-Versorgung-Gesetz • Medizinproduktegesetz • UMDNS, EDMS, GMDN Hardware • Medical Devices • Zertifizierung von Medizinprodukten Software • Anwendungsbereiche von Medizinsoftware • Guidelines für Gesundheitsapps • Konzeption einer App Praktische Anwendung der Inhalte in den Präsenzübungen und sowie selbständige Vertiefung durch Bearbeitung der Übungsaufgaben
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten) oder Portfolio-Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Written exam (60 minutes) or oral exam (about 20 minutes) or portfolio exam; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.
Medienformen Media used	Präsentation mit Projektor, Tafelanschrieb, Gruppenarbeit Presentation with a projector, blackboard, working in a group
Literatur Reading list	Wird vom Dozent / von der Dozentin bekannt gegeben

6061	Introduction to Deep Learning	PN 471616
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Hinweis: Das Modul ersetzt das alte Modul Deep Learning - keine Doppelanrechnung möglich! Irregular 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 „AIM“ Focus „AIM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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.
--	-----------

6062	Introduction to AI Engineering	PN 470013
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Lemmerich	
Dozent(in) Lecturer	Lemmerich	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Compulsory/Core Modules	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü	
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 105 Std. Vor- und Nachbearbeitung der Vorlesung 45 contact hours + 105 hours 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	-	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students will get to know about fundamentals of artificial intelligence engineering. They will learn basic concepts and key terminology for the field. They will also learn about the main problem fields, fundamental algorithms and applications of Artificial Intelligence Engineering.	

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> The students will learn to identify the appropriate formal problem setting to practical problems and will be able to put state-of-the-art solutions into an appropriate context. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students will strengthen their competence to categorize, analyze, and assess algorithms for artificial intelligence engineering. Participants will learn to develop problem-oriented solutions with artificial intelligence approaches independently.
Inhalt Course content	This class provides the obligatory introduction for the master program AI Engineering. The course will provide an overview on the fundamentals of Artificial Intelligence Engineering, including: • Definitions of Artificial Intelligence and Intelligent Agents • Uninformed, Informed, and Local Search • Logic, Reasoning and Knowledge Representations • Basics of Traditional Machine Learning • Deep Learning • Reinforcement Learning • Practical issues of Engineering AI applications • Applications of AI, e.g. on text and image data
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. 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, Tafel Presentation with projector, whiteboard
Literatur Reading list	Russell, S., and P. Norvig. Artificial intelligence-a modern approach, 4th edition (2020) Additional literature will be announced at the beginning of the semester.

6063 Applied Artificial Intelligence Lab PN 471615	
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 „AIA“ Focus „AIA“
Lehrform/SWS Contact hours	4Ü
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	Python Programming Language Advanced Topics in Data Science or Introduction to AI Engineering
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 standard tools and techniques to engineer solutions to realistic problem settings in the field of artificial intelligence, in particular machine learning. Students will also learn about state-of-the-art approaches for their par-

	ticular topic. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Students will obtain the ability to systematically assess and analyze a problem setting, identify relevant approaches from literature, develop and implement solutions with suitable tools and frameworks, and engineer and/or combine different approaches to obtain the best possible results. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students will strengthen their competence in analyzing and assessing algorithms for machine learning. Participants will learn to plan projects, implement solutions, meet milestones, and communicate results.
Inhalt Course content	Artificial Intelligence, in particular machine learning, is more and more applied in a wide range of real-world settings. In this application-focused course, students will work in small teams to engineer AI solutions to given practical scenarios. Each team will be provided a specific problem setting, e.g. from scientific challenges like the KDD Cup or a Kaggle competition. Typically, such a setting consists of a dataset, a specific task (e.g., a prediction or recommendation task), and an evaluation measure for obtained results. Under guidance, each team will then perform the necessary steps to develop and optimize their solution, generally including: • Data understanding and exploration • Data Preprocessing • Feature selection and engineering • Model validation • Hyperparameter optimization • Ensembling Results of the individual teams will be presented in the course by each team to the other course participants in small presentations and summarized in a project report.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio exam based on the suitability, implementation and refinement of the chosen methods, the achieved results, and communication/presentation of the project. Given minimum requirements, presentational aspects should influence the grade by no more than 30%. Potential elements of the portfolio are: Code with documentation, a written report on the outcome of the project (max. 8 pages), presentations given over the course of the semester and a final examination conversation (max. 10 minutes) with each individual participant. 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 beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Projektor, Whiteboard Presentation with projector, whiteboard
Literatur Reading list	Specific literature for each topic will be announced at the beginning of the semester.

6064	Responsible Machine Learning	PN 471617
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester	
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 „AIM“ Focus „AIM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Kenntnisse / Skills/Knowledge 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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 stochastics, Measure and integration theory, Linear Algebra I+II, Analysis I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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.

6080	Computational Linguistics	PN 455396
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester 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 „AIA“ Focus „AIA“	
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	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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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, morphology, syntax, semantics and pragmatics and presents the core methods and challenges for language processing in the-	

	se subfields of CL. Students also gain insights into a number of current topics in applied computational linguistics, such as Machine Translation, Question Answering, Chatbots & Dialogue Systems and Search. <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.

6090 Sicherheit von Rechnern und eingebetteten Systemen PN 455385 Security of Computer and Embedded Systems	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kavun
Dozent(in) Lecturer	Kavun
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
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	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 • die Komplexität der Sicherheitslandschaft, • die potenziellen Schwachstellen, die damit verbunden sind, z.B Authentifizierung, Datenintegrität,

	• die Vor- und Nachteile verschiedener Prinzipien der Informationssicherheit • die Risiken von Sicherheitslücken zu verstehen. — Students get to know • the complexity of the security landscape, • the potential vulnerabilities associated, e.g., authentication, data integrity, • the advantages and disadvantages different information security principles, • understand the risks of security vulnerabilities. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden üben ein detailliertes Verständnis industriell relevanter Fragen im Zusammenhang mit Rechtersicherheit und eingebetteter Sicherheit sowie die Fähigkeit, Material präzise und dennoch umfassend zu präsentieren und dieses Material angemessen auf das betreffende Publikum auszurichten. — Students practice a detailed understanding of industrially relevant issues relating to computer security and embedded security as well as the ability to present material in a concise yet comprehensive manner and to target that material appropriately to the audience in question. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden lernen die verschiedenen Arten von Rechnerangriffen und deren Auswirkungen auf die Sicherheit und Datenschutz, die Grundprinzipien der Informationssicherheit sowie einige praktische Kenntnisse darüber, wie diese Prinzipien und Implementierungstechnologien verwendet werden können, um eine bessere Daten- und Systemsicherheit zu gewährleisten. — The students gain awareness on the different types of computer attacks and their effect on data security and privacy, get an understanding of the fundamental principles of information security and get some practical knowledge of how these principles and implementing technologies can be used to ensure better data and system security.
Inhalt Course content	Dieses Modul bietet eine Einführung in die Rechtersicherheit und die eingebettete Sicherheit. Dieses Modul konzentriert sich insbesondere auf Ansätze und Techniken zum Aufbau sicherer Systeme und zum sicheren Betrieb von Systemen. Das Modul erfordert ein Verständnis der mathematischen Konzepte (z. B. Modulo-Arithmetik, komplexe Zahlen, Gruppentheorie) und Logik (Mengenlehre, Prädikatenlogik, natürliche

Deduktion). Darüber hinaus erfordert das Modul ein Verständnis einer Programmiersprache (z. B. Python, C) und grundlegende Kenntnisse in der Softwareentwicklung. Einige Übungen erfordern Linux und Shell Grundlagen.

Das Modul beinhaltet die Themen:

- Grundlagen der Rechnersicherheit
- Zugangskontrolle
- Eingebettete Systeme
- Sicherheitsbedürfnis in eingebetteten Systemen
- Kryptografische Grundlagen
- Krypto-Angriffe
- Public Key-Infrastrukturen (PKIs)
- Digitale Signaturen
- Sicherheitsprotokolle
- Formale Analyse von Sicherheitsprotokollen
- Sicherer Software-Entwicklungslebenszyklus (SSDL)
- Bedrohungsmodellierung
- Common Vulnerability Scoring System (CVSS)
- Sicherheitslücken in der Software
- Sichere Programmierung
- Sicherheitstests: Grundlagen, Fuzzing, statische Analyse
- Sicherheit von Komponenten von Drittanbietern
- RFID-Sicherheit
- Sicherheit von integrierten Schaltungen

This module provides an introduction into computer security and embedded security. In particular, this module focuses on approaches and techniques for building secure systems and for the secure operation of systems.

The module requires an understanding of mathematical concepts (e.g., modulo-arithmetic, complex numbers, group theory) and logic (set theory, predicate logic, natural deduction). Moreover, the module requires an understanding of a programming language (e.g., Python, C) and basic software engineering knowledge. Some exercises require a basic command of Linux in general and the command line (shell) in particular.

The module includes the topics:

- Computer Security Fundamentals
- Access Control
- Embedded Systems
- Need for Security in Embedded Systems
- Cryptographic Foundations
- Attacking Crypto
- Public Key Infrastructures (PKIs)
- Digital Signatures

	• Security Protocols • Formal Analysis of Security Protocols • Secure Software Development Lifecycle (SSDL) • Threat Modelling • Common Vulnerability Scoring System (CVSS) • Software Vulnerabilities • Secure Programming • Security Testing: Basics, Fuzzing, Static Analysis • Security of Third-Party Components • RFID Security • Hardware Fingerprinting & IC Security
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 Minuten schriftliche Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung in englischer Sprache und je nach Anzahl der Hörer; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Written exam (90 minutes) or oral exam in English according to the number of participants (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	J. Gersting. Mathematical Structures for Computer Science. WH Freeman, 7th edition, 2016. R. J. Anderson. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. John Wiley & Sons Inc., 1st edition, 2001. A. J. Menezes, S. A. Vanstone, and P. C. V. Oorschot. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press Inc., 5th edition, 2001. M. Howard, D. LeBlanc, and J. Viega. 24 Deadly Sins of Software Security: Programming Flaws and How to Fix Them. McGraw-Hill Inc., 1st edition, 2010. UND / AND In der Vorlesungen und Übungen werden Online-Ressourcen bereitgestellt und spezifische Literatur angesagt. Online resources will be provided and specific readings will be announced during the lectures and exercise sessions.

6092 Digitales Design mit Verilog-HDL auf FPGA PN 455408 Digital Design with Verilog-HDL on FPGA	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kavun
Dozent(in) Lecturer	Kavun
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	3Ü
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	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 können • die Bedeutung kanonischer Formen bei der Minimierung oder sonstigen Optimierung von booleschen Formeln in allgemeinen und digitalen Schaltungen erkennen,

- Funktionen mit Hilfe beliebiger Minimierungsalgorithmen (Boolesche Algebra oder Karnaugh Map) minimieren,
- Analyse der Entwurfsverfahren für kombinatorische und sequentielle Schaltungen,
- das Problem zu definieren (Eingänge und Ausgänge), seine Funktionen zu schreiben,
- den endlichen Automaten mit Hilfe von algorithmischen Zustandsdiagrammen entwerfen und einfache Projekte mit einigen Flip-Flops durchführen,
- Entwurf digitaler Schaltungen unter Verwendung der Hardware-Beschreibungssprache (Verilog),
- Implementierung von Funktionen mit digitalen Schaltungen (kombinatorisch oder sequentiell) auf einer rekonfigurierbaren Plattform (FPGA-Board),
- Verwendung von Industriestandard-Software-Entwurfssoftware und programmierbaren Geräten wie FPGAs zur Implementierung digitaler Schaltungen,
- komplexe Algorithmen wie kryptografische Primitive entwerfen, um verschiedene Entwurfsspezifika zu beobachten.

Students can

- identify the importance of canonical forms in the minimization or other optimization of Boolean formulas in general and digital circuits,
- minimize functions using any type of minimizing algorithms (Boolean algebra or Karnaugh map),
- analyze the design procedures of combinational and sequential circuits,
- define the problem (inputs and outputs), write its functions,
- design the finite state machine using algorithmic state machine charts and perform simple projects with a few flip-flops,
- design digital circuits using Hardware Description Language (Verilog),
- implement functions using digital circuit (combinational or sequential) on reconfigurable platform (FPGA board),
- use industry standard software design suite and programmable devices such as FPGAs to implement digital circuits,
- design complex algorithms like cryptographic primitives to observe different design specifics.

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit • komplexe technische Probleme zu erkennen, zu formulieren und zu lösen, indem sie ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und mathematische Prinzipien anwenden, • wenden Digitales Design Optimierung Methoden an, um Lösungen zu entwickeln, die bestimmte Anforderungen unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren erfüllen, • im Rahmen eines Modulprojekts Aufgaben zu stellen und Ziele zu erreichen. — Students gain an ability to • identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics, • apply digital design optimization techniques to produce solutions that meet specified needs with consideration of different factors, • establish goals and meet objectives in a module project. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden • erwerben Kenntnisse in der Analyse und dem Entwurf von Verfahren für kombinierte und sequentielle Schaltungen, • lernen, wie man Hardware-Simulationssoftware zum Testen der entworfenen Schaltung verwendet, • lernen, wie man einen effektiven technischen Bericht für die Bewertung schreibt, • gewinnen Erfahrung in der Nutzung von Online-Ressourcen zur Beschaffung aktueller Literatur zu digitalen Designkomponenten. — The students • gain knowledge in analyzing and designing procedures of combinational and sequential circuits, • learn how to use hardware simulation software for testing the designed circuit, • learn how to write an effective technical report for the assessment, • gain experience on using online resources to obtain current literature on engineering components.
Inhalt Course content	Diese Übung behandelt die Konzepte, Prinzipien und Techniken des Entwurfs und der Implementierung digitaler Systeme. Der Kurs lehrt die Grundlagen digitaler Systeme un-

ter Anwendung der Logikentwurfs- und Entwicklungstechniken. Praktische Laborexperimente mit einem rekonfigurierbaren Board dienen der Vertiefung der theoretischen Konzepte. Die Laborexperimente beinhalten den Entwurf und die Implementierung von digitalen Schaltungen. Der Schwerpunkt des Kurses liegt auf der Verwendung von CAD-Tools (Computer-Aided Design) für den Entwurf, die Simulation und das Testen von digitalen Schaltungen anhand konkreter Beispiele, insbesondere bei Sicherheit- und Kryptographieanwendungen.

Ziel des Moduls ist es, den Studenten die Themen kombinatorische und sequentielle Schaltungsanalyse und -entwurf, Optimierungsmethoden für den Entwurf digitaler Schaltungen unter Verwendung von Multiplexern, Decodern, Registern, Zählern und programmierbaren Logikarrays anhand eines rekonfigurierbaren FPGA-Evaluierungsboards zu vermitteln.

Das Modul beinhaltet die Themen

- Grundlagen der Elektronik
- Zahlendarstellung und Binärcodes
- Boolesche Algebra und Funktionen, kanonische Formen
- Kombinatorische Entwurfstechniken: K-Maps
- Kombinatorische Logikschaltungen: Addierer/ Subtraktor, Codewandler, Komparatoren, Multiplexer/Demultiplexer und Decoder/Encoder
- Programmierbare Logikschaltungen, feldprogrammierbare Gate-Arrays (FPGA)
- Sequentielle Logikschaltungen
- Latches und Flip-Flops
- Zustandsverhalten von synchronen sequentiellen Schaltungen: Zustandstabellen
- Implementierung von kryptographischen Algorithmen und anderen Beispielschaltungen auf FPGA

—
This exercise course addresses the concepts, principles and techniques of digital systems design and implementation. The course teaches the fundamentals of digital systems applying the logic design and development techniques. Practical laboratory experiments using a reconfigurable board are used to reinforce the theoretical concepts. The lab experiments involve the design and implementation of digital circuits. The course emphasis is on the use of computer-aided design (CAD) tools in the design, simulation, and testing of digital circuits through specific examples, especially in security and cryptography applications.

The aim of the course is to introduce to the students the topics that include combinational and sequential circuit ana-

	lysis and design, digital circuit design optimization methods using random logic gates, multiplexers, decoders, registers, counters, and programmable logic arrays through a reconfigurable FPGA evaluation board. The module includes the topics • Basics of electronics • Number representation and binary codes • Boolean algebra and functions, canonical forms • Combinational design techniques: K-maps • Combinational logic circuits: adders/subtractors, code converters, comparators, multiplexors/demultiplexors, and decoders/encoders • Programmable logic circuits, field programmable gate arrays (FPGA) • Sequential logic circuits • Latches and flip-flops • State behavior of synchronous sequential circuits: State tables • Implementation of cryptographic algorithms as well as other example circuits on FPGA
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung in englischer Sprache. Ein Abschlussprojekt und der entsprechende Bericht sollten eingereicht werden. Portfolio Exam in English language. A final project and its corresponding report should be submitted.
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Tafel, Boolean Board FPGA Presentation and projector, blackboard, Boolean Board FPGA
Literatur Reading list	https://www.realdigital.org/hardware/boolean M. Morris R. Mano, Michael D. Ciletti. Digital Design, 5th Edition, Pearson, 2013. UND / AND In den Übungen werden Online-Ressourcen bereitgestellt und spezifische Literatur angesagt. Online resources will be provided and specific readings will be announced during the exercise sessions.

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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

6101 Komplexe Dynamische Netzwerke PN 471515 Complex Dynamic Networks	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Wird vermutlich nicht mehr angeboten Probably not offered anymore
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Schönlein
Dozent(in) Lecturer	Schönlein
Sprache Language of instruction	Deutsch oder Englisch German or English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AEMM“ Focus „AEMM“
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	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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die Grundlagen der mathematischen Modellierung komplexer Systeme wie kausale Loop Diagram-

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

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

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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Interest in algorithmic problems	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden des verteilten Rechnens. Insbesondere werden Themen wie „communication, locality, parallelism, self-organization, symmetry breaking, synchronization, and uncertainty“ behandelt.	

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

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

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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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

6113 Einführung in die Approximationstheorie Introduction to Approximation Theory		PN 455460
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 1Ü	
Arbeitsaufwand Workload	45 Std. Präsenz + 50 Std. Übungsaufgaben + 55 Std. Nachbereitung 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	Analysis I, Analysis II Analysis I, Analysis II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Bachelor Mathematik Master Computer Science, Bachelor Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden lernen grundlegenden Konzepte sowie Techniken der Approximationstheorie kennen. — Students learn fundamental concepts and methods of approx-	

	approximation theory. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden üben den Umgang sowie die Kombination der Methoden der Approximationstheorie an ausgewählten Problemen, die sich auf verschiedene Bereiche der Mathematik stützen. — Students practice handling the methods developed and used in approximation theory, which are intimately related to various areas of mathematics. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Approximationstheorie bei konkreten Fragestellungen zu klassischen sowie aktuellen Themen (etwa im Rahmen hochdimensionaler Probleme der Mathematik und angrenzender Gebiete) anzuwenden. — The students are able to approach classical and modern (e.g., high-dimensional) problems in mathematics and related fields by means of methods and ideas from approximation theory.
Inhalt Course content	Das Modul dient der Vermittlung von Grundlagen der klassischen Approximationstheorie. Darüber hinaus sollen auch modernere Aspekte der Approximationstheorie diskutiert werden. Das Modul beinhaltet ausgewählte Themen aus den Bereichen: The module introduces some fundamental ideas in classical approximation theory as well as some of its modern aspects. The module covers selected topics from: • Approximation by algebraic polynomials (1st Weierstrass theorem) • Trigonometric Polynomials (2nd Weierstrass theorem) • Characterization of best approximation • Lagrange, Chebyshev and Hermite interpolation • Orthogonal polynomials (Christoffel-Darboux Identity) • Entropy numbers and applications • General s-Numbers and applications
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) 30-minute oral examination
Medienformen Media used	Präsentation und Beamer, Tafel/Tablet Presentation and projector, blackboard/tablet
Literatur Reading list	A Short Course on Approximation Theory, N.L. Carothers Modern Approximation Theory, J. Vybíral

6117 Convex Geometry and Applications to Linear Programming PN 472730	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Lineare Algebra I, Analysis I Linear Algebra I, Analysis I
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Bachelor Mathematik Master Computer Science, Bachelor Mathematics
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen Grundkonzepte und -resultate der Konvexgeometrie und der Linearen Optimierung. — The students know fundamental concepts and statements of convex geometry and linear programming.

	<u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden üben anhand ausgewählter Probleme Begriffe und Methoden aus der Konvexgeometrie und der Linearen Optimierung einzuordnen und anzuwenden. Sie wenden diese an, um konkrete Fragestellungen zu beantworten. — The students practice on selected problems to classify and apply concepts and methods of convex geometry and linear programming. They apply these to solve concrete problems. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Konvexgeometrie und der Linearen Optimierung bei konkreten Fragestellungen anzuwenden. — The students are able to apply concepts and methods of convex geometry and linear programming to concrete problems.
Inhalt Course content	Die Konvexgeometrie beschäftigt sich mit konvexen Mengen im euklidischen Raum und bildet die Grundlage der Konvexen Optimierung, wozu die Lineare Optimierung zählt. Dieser Zusammenhang wird durch Themenbereiche aus der folgenden Liste dargestellt: • Grundlagen der Konvexgeometrie • Geometrische Version des Satzes von Hahn-Banach • Satz von Krein-Milman über Extrempunkte • Polytope und Polyeder • Grundlagen der Linearen Optimierung • Simplex Algorithmus • Farkas' Lemma • "Neighborly Polytopes" und dünne lineare Systeme — Convex geometry is concerned with convex sets in Euclidean space and forms the basis of convex optimization, of which linear programming is part. This relation will be demonstrated through topics from the following list: • Elementary convex geometry • Geometric Hahn-Banach theorem • Krein-Milman theorem on extreme points • Polytopes and Polyhedra • Linear programming basics • Simplex algorithm • Farkas' lemma • Neighborly Polytopes and sparse linear systems
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (90 Minuten) oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) in deutscher oder englischer Sprache; die genaue Prü-

	fungsart 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	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 „AISE“ Modulgruppe „AISE“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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

6121	Requirements Engineering	PN 455412
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 „AISE“ Modulgruppe „AISE“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V+2Ü Für die Übungen im Rahmen der Lehrveranstaltung besteht Anwesenheitspflicht. Um den Erfolg der Veranstaltung zu gewährleisten, ist eine verstärkte Interaktion der Studierenden untereinander, aber auch zwischen Studierenden und Betreuern notwendig. Insbesondere arbeiten die Studierenden in einer Gruppe an einem das ganze Semester andauernden Projekt, in welchem gemeinsam Anforderungen erhoben, verfeinert, dokumentiert, und validiert werden. Im Rahmen dieser Projekte nehmen die Lehrenden die Rolle von Kunden ein. Die Kunden stehen unter anderem für Interviews und Verhandlungen im Fall von Konflikten, sowie zur Validation von Anforderungen zur Verfügung. Diese Interaktionen mit Kunden sind ein wesentlicher Bestandteil des Requirements Engineering. Ohne Anwesenheit kann daher nicht sichergestellt werden, dass der Einsatz der gelehrten Methoden erlernt wird, insbesondere was den Umgang mit Kunden angeht. — In this lecture's exercises, participants' attendance is mandatory. In order ensure the module's success, an intensified interaction amongst students but also between students and lecturers is essential. Most notably, participants collaborate within a group project throughout the entire semester in which they define, refine, document and validate requirements together. Within those projects, lecturer and teaching assistants assume the roles of clients who are primarily available for interviews,	

	negotiations in the event of conflicts as well as validation of requirements. Such forms of interaction with clients are crucial elements of requirements engineering. Without regular attendance, learning how to use the conveyed methods, in particular in dealing with clients, could not be warranted.
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
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden können die Begriffe Anforderung/Requirement und Requirements Engineering definieren und kennen die Prinzipien des Requirements Engineerings. Sie lernen den Requirements Engineering Prozess kennen und welche Rolle dieser in der Softwareentwicklung spielt. Sie kennen den Systemkontext und die Kontextgrenze, Methoden für die Erhebung von Anforderungen und für die Interpretation der erhobenen Informationen, Verhandlungsmethoden mit Stakeholdern, die Struktur von Anforderungsdokumentationen, Techniken für die Anforderungsdokumentation in natürlicher Sprache sowie für die modellbasierte Anforderungsdokumentation, Methoden für die Validierung von Anforderungen, sowie für das Management von Anforderungen, wie das Änderungsmanagement und die Nachverfolgung von Anforderungen. Für ein gegebenes Problem können die Studierenden die oben genannten Methoden anwenden, um eine geeignete Anforderungsdefinition zu entwickeln. — The students can define the terms requirement and require-

	ments engineering and acquire knowledge on the principles of requirements engineering. They become acquainted with the general requirements engineering process and know how it can be embedded into the overall software development process. They gain knowledge about the system context and context boundaries, requirements elicitation techniques, the interpretation of elicitation results, the negotiation of requirements with different stakeholders, the structure of documents for the requirements documentation, the requirements documentation in natural language, techniques for the use of structured natural language, the requirements documentation with models, the validation of requirements, managing changes to requirements, and tracing requirements through a development process. The students can apply the aforementioned methods to a given problem to derive a suitable requirements specification.
Inhalt Course content	Dieses Modul vertieft die Grundlagen der Softwaretechnik mit Details zum Umgang mit Anforderungen. Anforderungen werden am Beginn von Projekten erhoben und sind entscheidend für den Projekterfolg. Es wird ein vollständiger Requirements Engineering Prozess behandelt, von der Erhebung der Anforderungen, über die Dokumentation und Validierung der Anforderungen, bis hin zum Management der Anforderungen während des Software Lebenszyklus. — This module deepens the foundations of software engineering with details regarding requirements. Requirements are elicited at the beginning of a project and are crucial for its success. The module considers a complete requirements engineering process, starting with the elicitation of requirements, followed by the documentation and validation of requirements, up to the management of requirements throughout the software lifecycle.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio bestehend aus: Bearbeitung eines Semesterprojekts, nachgewiesen durch ein ca. 10-minütiges Kolloquium mit Präsentation und einen ca. 2-seitigen schriftlichen Bericht der eigenen Projektergebnisse am Semesterende. 60 Minuten Klausur oder ca. 15 Minuten mündliche Prüfung jeweils in deutscher oder englischer Sprache. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. — Portfolio examination including: Implementation of a semester project completed with a pre-

	sensation 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	Klaus Pohl, Chris Rupp: Requirements Engineering Fundamentals: A Study Guide for the Certified Professional for Requirements Engineering Exam - Foundation Level - IREB compliant Klaus Pohl: Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques

6122 Mining Software Repositories Lab PN 455423	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Herbold
Dozent(in) Lecturer	Trautsch
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	5Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 135 Std. Vor- und Nachbereitung 75 contact hours + 135 hrs independent study and implementation
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Software Engineering, Introduction to AI Engineering, Advanced Topics in Data Science, Kenntnisse in Python Software Engineering, Introduction to AI Engineering, Advanced Topics in Data Science, Python Programming Language
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden kennen praktische Anwendungen von Data Science und Machine Learning Techniken, um Fragestellungen aus dem Software Engineering basierend auf Daten aus Software Repositories zu bearbeiten. Sie lernen durch die Bearbeitung von Fragestellungen des Soft-

	ware Engineerings den Prozess der Datenanalyse kennen und führen diesen selbstständig durch. Hierbei lernen die Studierenden geeignete Hypothesen zu definieren, benötigte Daten aus geeigneten Quellen zu sammeln, Analysemodelle zu erstellen inkl. des Trainings und der Auswertung von Modellen, die statistische Auswertung der Ergebnisse durchzuführen und die Ergebnisse zu präsentieren. — The students know practical applications of data science and machine learning techniques to answer questions about software engineering based on data from software repositories. They learn the process of repository data analysis through their work on software engineering topics. The students learn to define hypotheses, to collect data from suitable data sources, to create analysis models including their training and evaluation, to statistically assess results and to present their findings.
Inhalt Course content	Die Studenten arbeiten mithilfe von Daten aus Software Repositories in Gruppen an verschiedenen Fragestellungen aus der Software Engineering Forschung. Die Gruppen arbeiten im Verlauf des Kurses an unterschiedlichen Projekten. Für jedes Projekt bzw. Fragestellung müssen Daten extrahiert und transformiert bzw. bereinigt werden. Diese Daten müssen dann anhand der Fragestellung ausgewertet bzw. in einem Machine Learning Modell verarbeitet werden. Am Ende jedes Projektes stellen alle Gruppen Ihre Ergebnisse in einer Präsentation vor. — The students work in groups on different topics from software engineering research using software repository mining. The groups work on different projects during the course. For each project suitable data needs to be extracted, transformed, and/or cleaned. The data needs to be evaluated or used as input for a suitable machine learning model. At the end of each project, the groups present their results.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung basierend auf der Eignung, Implementierung, und Auswertungsmethodik der gewählten Methoden, den erzielten Ergebnissen, und der Präsentation der Projektergebnisse. Die Elemente des Portfolios sind: Der Quelltext inklusive Dokumentation, eine schriftliche Ausarbeitung zu den Projektergebnissen (max. 8 Seiten), Präsentationen der Projektergebnisse, sowie ein abschließendes Prüfungsgespräch (max. 10 Minuten) mit jedem Teilnehmenden. Bei Teampräsentationen muss jeder Teilnehmende den Eigenanteil am Projekt darstellen. Zusätzlich werden die Eigen-

	anteile in der Quelltextdokumentation und der Ausarbeitung schriftlich festgehalten. Details zur Bewertung werden zu Beginn der Lehrveranstaltung erläutert. — Portfolio exam based on the suitability, implementation and assessment refinement of the chosen methods, the achieved results, and communication/presentation of the project. The portfolio elements are: code with documentation, a written report on the outcome of the projects (max. 8 pages), presentations given over the course of the semester and a final examination conversation (max. 10 minutes) with each individual participant. Within the team presentations, each participant showcases her/his own personal contribution to the project. Additionally, participants declare in written form their individual contributions as part of the report and the code documentation. Details on the assessment including count and length of the presentations will be announced at the beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer Presentation with a projector
Literatur Reading list	Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben Will be announced at the beginning of the lecture

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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

6124	Mining Software Repositories	PN 455433
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 „AISE“ Focus „AISE“	
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	
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 Datenquellen, aus denen man historische Daten über die Softwareentwicklung sammeln kann und können diese Daten mit Hilfe von geeigneten Werkzeugen sammeln. Sie können heuristisch Verknüpfungen zwischen gesammelten Daten finden sowie Informationen über Fehler ex-	

	trahieren. Die Studierenden kennen die üblichen Fehlerquellen der Heuristiken. Sie können qualitative Daten aus Repositories sammeln. Sie wissen, wie man diese Daten benutzt, um Fragestellungen über die Softwareentwicklung zu beantworten und können hierfür etablierte Verfahren anwenden. — The students know the data sources from which historic data about software development can be collected and know suitable tools to collect such data. They can use heuristics to detect links within this data and to collect information about bugs. They are aware of common sources of errors within these heuristics. They can qualitatively label data from software repositories. They know how to use data from software repositories to answer questions about software engineering and can apply suitable methods for this purpose.
Inhalt Course content	Dieses Modul behandelt die Themen: • Sammeln von Daten aus Softwarerepositories • Erkennen von Links zwischen verschiedenen Datenpunkten, zum Beispiel Commits und Issues. • Softwaremetriken • Sammeln von Daten über Softwarefehler • Fehler- und Rauschquellen in den Daten • Soziale Netzwerke in der Softwareentwicklung • Qualitatives codieren von Daten • Analyse von Daten aus Softwarerepositories. — This module covers the following topics: • Collection of data from software repositories • Detection of links between data points, e.g., commits and issues • Collection of data about software bugs • Sources of noise within the data • Social networks in software development • Qualitative coding of data • Analysis of data from software repositories
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

6125 AI Engineering Lab PN 455437	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Herbold
Dozent(in) Lecturer	Trautsch
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	5Ü
Arbeitsaufwand Workload	75 Std. Präsenz + 135 Std. Vor- und Nachbereitung 75 contact hours + 135 hrs independent study and implementation
ECTS Credits	7
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Software Engineering, Introduction to AI Engineering, Advanced Topics in Data Science, Python Programming Language
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden erlernen die wichtigsten praktischen Implikationen durch den Einsatz von Machine Learning Komponenten in einem Softwareprojekten durch die Umsetzung eines Projekts. Relevante Aspekte, die durch den Einsatz von Machine Learning beeinflusst werden sind unter anderem die Auswirkungen auf die Anforderungsanalyse, Continuous Integration, Soft-

	waretests und das UI Design. Die Studierenden müssen außerdem Machine Learning spezifischen Anforderungen spezifizieren, umsetzen, und deren Umsetzung überprüfen, unter anderem Fairness, Erklärbarkeit und der Notwendigkeit eines „human-in-the-loop“. Weiterhin müssen die Komponenten des Projektes evaluiert und überwacht werden können. — The students learn practical implications of combining/including machine learning parts in a software project through the implementation of projects. Among others, relevant aspects that are influenced by the use of machine learning that are considered during the projects are the implications for requirements, continuous integration, testing, and UI design. The students learn to specify, implement, and validate machine learning specific requirements like fairness, explainability or a “human-in-the-loop”. Their further evaluate and monitor the components of a project.
Inhalt Course content	Die Studierenden arbeiten in Gruppen und erstellen ein oder mehrere Projekte, welche ein oder mehrere Machine Learning Komponenten beinhalten. Jedes Projekt wird vollständig entwickelt, sodass es eine dem Projektziel entsprechende Nutzeroberfläche oder Programmierschnittstelle gibt. Das Projekt muss die vorgegebene Aufgabe für den Benutzer mit Hilfe der Machine Learning Komponenten erfüllen. Die Studierenden präsentieren den Projektfortschritt, die fertige Anwendung und welche Herausforderungen während der Entwicklung auf welche Art und Weise gelöst wurden. — The students work in groups, creating one or multiple projects which use one or multiple machine learning components. Each project is developed to completion, such that there is a user interface of or programming interface suitable to achieve the project goals. The students present their project progress, how they addressed challenges they faced during development, and the finished product.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung. Die Elemente des Portfolios sind: Der Quelltext inklusive Dokumentation, eine schriftliche Ausarbeitung zu den Projektergebnissen (max. 8 Seiten), Präsentationen der Projektergebnisse, sowie ein abschließendes Prüfungsgespräch (max. 10 Minuten) mit jedem Teilnehmenden. Bei Teampräsentationen muss jeder Teilnehmende den Eigenanteil am Projekt darstellen. Zusätzlich werden die Eigen-

	anteile in der Quelltextdokumentation und der Ausarbeitung schriftlich festgehalten. Details zur Bewertung werden zu Beginn der Lehrveranstaltung erläutert. Portfolio exam. The portfolio elements are: code with documentation, a written report on the outcome of the projects (max. 8 pages), presentations given over the course of the semester and a final examination conversation (max. 10 minutes) with each individual participant. Within the team presentations, each participant showcases her/his own personal contribution to the project. Additionally, participants declare in written form their individual contributions as part of the report and the code documentation. Details on the assessment will be announced at the beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer Presentation with a projector
Literatur Reading list	Wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben Will be announced at the beginning of the lecture

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

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

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

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 „AEMM“ Modulgruppe „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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 „AEMM“ Modulgruppe „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 „AEMM“ Modulgruppe „AEMM“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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	-

6160	Cooperative Autonomous Vehicles	PN 455393
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Wird vermutlich nicht mehr angeboten Probably not offered anymore	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Vinel	
Dozent(in) Lecturer	Vinel	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Modulgruppe „AIA“	
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	Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie Basics of probability theory	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students acquire basic knowledge about cooperative automated/autonomous vehicles as well as advanced driver assistance systems. They learn about the concepts of cooperative awareness, collective perception, and cooperative maneuvering. They become familiar with inter-vehicular communication technolo-	

	gies. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Students acquire the abilities to apply discussed techniques for the performance evaluation of contemporary vehicle-to-everything communications standards. They are able to design protocols to support cooperative autonomous driving given specified application requirements and to assess cooperative autonomous driving scenarios in terms of their safety. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students learn to classify computation, communication and decision-making architectures for cooperative autonomous vehicles, evaluate advantages and disadvantages of cooperative maneuvering approaches, to select appropriate methods for the analysis of inter-vehicular communication protocols.
Inhalt Course content	The module includes the topics on vehicular automation levels, cooperative awareness and decentralized environmental notifications, collective perception, cooperative maneuvering, vehicular platooning, cooperative video systems, intelligent intersections, vehicle to mobile edge computing server connectivity, 5G vehicular communication paradigms, ITS-G5 communication standards, age-of-information and semantics aware communications.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90min Klausur 90min written exam
Medienformen Media used	Präsentation mit Beamer, Tafel Presentation with projector, blackboard
Literatur Reading list	Nach Ansage in der Vorlesung Announced during the lecture

6171 Data Visualisierung PN 471760 Data Visualization	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Heinzl
Dozent(in) Lecturer	Heinzl, Gall
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIM“ Focus „AIM“
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	Grundlagen der Informatik, Software Engineering, Programmierung I + II Foundations of Computer Science, Software Engineering, Programming I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	After successful completion of the course, students are able to understand advanced theoretical concepts of data visualization. Furthermore, students can implement specific program-

	ming tasks resulting from a scientific article.
Inhalt Course content	Data Visualization consists of a theoretical lecture part and a practical exercise part. The lecture part on Data Visualization contains of a series of lectures which take place throughout the semester. In these lectures advanced data visualization topics will be covered, such as visualization of graph data or spatio-temporal data, immersive analytics, cross virtuality analytics or visual analysis of non-destructive testing data in material sciences. The lecture introduces bridging data visualization concepts and further covers the following aspects in two parts: 1) Revisiting Important Visualization Areas: • Scientific Visualization comprises volume and flow visualization. Volume visualization on the one hand is focused on direct and indirect techniques but also explores underlying techniques such as ray casting for direct volume rendering, simple and advanced transfer functions, as well as iso-surfacing for indirect volume rendering. Flow visualization on the other discusses visual metaphors and techniques for direct and indirect flow visualization. Advanced concepts in terms of topology visualization will be discussed. • Information visualization: While information visualization targets the visualization of abstract data, with a specialization on graph data and networks. • Visual analytics and visual data science seek to facilitate analytical reasoning by interactive visual interfaces. It involves the use of visualization and interaction techniques to explore and analyze large, complex, and dynamic datasets, with the goal of gaining insights, making discoveries, and supporting decision making. 2) Advanced Visualization Concepts: • Visualization Design: Visualization Design: This chapter explores models for visualization design in order to justify the choices made when applying vis techniques in a (novel) application area, e.g., relating the visual encodings and interaction techniques to the requirements of the target task. • Biomedical visualization encompasses novel topics and approaches to enhance the understanding of biological and medical concepts and data. It involves data visualization of medical images (such as MRI or CT scans) or biological processes (such as the movement of molecules in the body). • Tensor visualization is the process of representing ten-

sors (multi-dimensional arrays of data) in a visual format. This chapter will present visualization concepts mainly focusing on tensors of second order as well as respective abstraction concepts. Novel tensor analysis techniques, concepts for analyzing tensor field topology, and new tensor visualization methods will be discussed

- Immersive (IA) and Cross Virtuality Analytics (XVA) are novel topics in visualization requiring suitable visual metaphors and interaction concepts for in depth analyses. IA is using engaging, embodied analysis tools to support data understanding and decision making. XVA is concerned with systems for data visualization and analysis that seamlessly integrate different visual metaphors and devices along the entire RVC to support multiple users with transitional and collaborative interfaces analysis that seamlessly integrate different visual metaphors and devices along the entire RVC to support multiple users with transitional and collaborative interfaces.
- Visual Computing in Materials Science: Visual computing has become highly attractive for boosting research endeavors in the materials science domain. Using visual computing, a multitude of different phenomena may now be studied, at various scales, dimensions, or using different modalities. This was simply impossible. Visual computing techniques generate novel insights to understand, discover, design, and use complex material systems of interest.
- Visualization and Decision-Making Design Under Uncertainty: Visualization is a core component of any decision or risk analysis process. Respective tools for this purpose are becoming increasingly accessible. In addition, the visual literacy of the general public has been increasing due to the pervasiveness of visualizations in everyday life. As the appetite for decision making tools grows, so does the need to convey error, confidence, missing, or conflicting data visually.

The exercise part will pose a “VIS Challenge” to the students. It requires the students to propose and implement their solutions to given challenges in visualization. This VIS Challenge consists of the implementation of a state-of-the-art visualization technique based on a scientific article. Students choose from a shortlist of given scientific papers (i.e., 2-3 recent high impact articles). The students first need to read and understand the given article. They need to present their proposed concepts with respect to the article’s main ideas in the form of

	paper prototypes. After a feedback loop the implementation will start. There are no requirements regarding programming languages, however recommendations on languages, tools, libraries, etc. will be given. The exercise is ideally implemented in groups of two. The exercise is continuously supported by a tutor. For a positive grade, both lecture and exercise must be completed positively!
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio The grade for Data Visualization will be based on the practical implementation work and the theoretical knowledge. The performance evaluation of the exercise course focuses on the implemented programming tasks in terms of the selected visualization paper. For a positive assessment, the students must present the selected article and their implementation concepts. The implementation quality, functionality, and usability as well as the documentation of code and functionality will be evaluated. Finally, the students will present and demonstrate their final implementation. The score for the grading results is given as follows: • 1st presentation of the article incl. implementation concept (10 points) • Implementation of the article's underlying technique (45 points) • Functionality and usability (15 points) • Documentation of code + functionality (10 points) • 2nd presentation and demonstration of the implementation (20 points) The lecture part will be evaluated in an oral exam (approx. 15 min) of the presented lecture content, in which the achievement of the teaching objectives will be checked. For a positive evaluation of Data Visualization, both exercise and lecture have to be completed positively.
Medienformen Media used	The material is organized in thematic groups and presented by means of electronic slides. A practical design and implementation project allows students to develop their analytical skills and deepen their programming knowledge.
Literatur Reading list	Chen, Hauser, Rheingans, Scheuermann: Foundations of Data Visualization, 2019 Telea: Data Visualization – Principles and Practice, Second Edition AK Peters Verlag, 2014. Munzer: Visualization Analysis and Design, AK Peters Verlag, 2014. Hansen, Johnson: The Visualization Handbook, 2005

	Hansen, Chen, Johnson, Kaufman, Hagen: Scientific Visualization - Uncertainty, Multifield, Biomedical, and Scalable Visualization, 2014 Kim Marriott, Falk Schreiber, Tim Dwyer, Karsten Klein, Nathalie Henry Riche, Takayuki Itoh, Wolfgang Stuerzlinger, Bruce H. Thomas, Immersive Analytics, 2018 Keim, Kohlhammer, Ellis, Mansmann: Mastering the Information Age - Solving Problems with Visual Analytics, 2010 Ward, Grinstein, Keim: Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Applications, 2010. Ware: Information Visualization, Second Edition: Perception for Design, 2004 Aigner, Miksch, Schumann, Tominski: Visualization of Time-Oriented Data, Springer Verlag, 2011 Further materials in the lecture slides
--	--

6172 Immersive Analytics PN 455560	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Heinzl
Dozent(in) Lecturer	Heinzl
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIM“ Focus „AIM“
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	Data Visualization, Grundlagen der Informatik, Software Engineering, Programmierung I + II Data Visualization, Foundations of Computer Science, Software Engineering, Programming I+II
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	At the end of the course students will be able to understand theoretical concepts of immersive analytics. Furthermore, students can implement specific programming tasks resulting from a scientific topic or article.

Inhalt Course content	Immersive Analytics consists of a theoretical lecture part and a practical exercise part. The lecture part contains of a series of lectures which take place throughout the semester. In these lectures, theoretical and advanced immersive analysis and visualization topics will be covered. The lecture introduces covers the following aspects: • Introduction to Immersive Analytics: Students learn the basic principles of immersive analytics together its goals and opportunities, some historical context as well as the broad research agenda of this field. A review on the terms of immersion and engagement is given. • The value of 3D in information visualization: While Information visualization is typically used in conventional 2D displays and modern virtual reality in for 3D data, this part explores potential benefits for immersive analytics in information visualization settings. • Multisensory immersive analytics introduces concepts and backgrounds on visual representations, sonification and auralization, haptic displays, smell/olfaction, as well as taste/gustation. Furthermore, the design of respective systems will be reviewed integrating immersive analytics and modalities of non-visual immersive analytics. • Interaction in immersive analytics is a major component within the analysis workflow. Basic opportunities, requirements and tasks will be reviewed in order to culminate in natural user interfaces (NUP) and post WIMP (windows, icons, menus, pointer) interaction as well as respective designs and setups. • Immersive human centered computational analytics: Here, the role of humans in a human-machine cooperative analysis will be addressed by first reviewing the classic loop of sensemaking in visual analytics, collaborative humans-machine analysis and finally related design principles. • Immersive visual data stories: Visual data driven stories are an important means for communicating information. Here, the challenges and opportunities of immersion are discussed considering games research and related interaction concepts. • Situated analytics: The concept of situated analytics is introduced in this section, employing data representations organized in relation to germane objects, places
----------------------------------	--

	or persons for the purpose of understanding, sense- and decision making. • (Collaborative) cross virtuality analytics enables visual analytics to use transitional and collaborative interfaces interconnecting different stages in the reality–virtuality continuum to seamlessly integrate different devices and support multiple users. Insights are provided into respective visualization and interaction techniques. • Applications of Immersive Analytics: Finally, applications of immersive analytics various domains are discussed, such as life and health sciences or applications in engineering from materials science, production engineering towards sustainable cities and cultural heritage. The exercise part will pose an „Immersive Analytics Challenge“ to the students. In addition to the initial task to be completed in the form of standard exercises, it also requires proposing and implementing own solutions to given challenges in the field of immersive analytics. These challenges focus on the implementation of state-of-the-art techniques typically based on recent scientific articles. The students need to present their proposed concepts with respect to the articles' main ideas. After a feedback loop the implementation starts. Programming skills are thus mandatory and previous knowledge of C# and Unity is advantageous. An introduction to Unity will be offered in the tutorial of the course. Furthermore, the exercise course is typically implemented in groups of two and continuously supported by a tutor.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	The grade for Immersive Analytics will be based on the practical implementation work and the theoretical knowledge. Part 1 (50%): Portfolio (Practical Implementation) The performance evaluation of the exercise course focusses on the implemented programming tasks in terms of the Immersive Analytics Challenge. For a positive assessment, the students must present their implementations. The implementation quality, functionality, and usability as well as the documentation of code and functionality will be evaluated. Finally, the students will present and demonstrate their implementation. The score for the grading results is given as follows: • Presentation of initial exercises incl. concept regarding the immersive analytics challenge • Presentation and demonstration of the final implementation • Implementation of the proposed techniques • Functionality and usability

	• Documentation of code Part 2 (50%): Oral exam or written exam (Theoretical Knowledge) The lecture part will be evaluated in an oral exam (approx. 20 min) of the presented lecture content or in a written exam (90 minutes), depending on the number of participants, in which the achievement of the teaching objectives will be checked. The students will be informed about the exact type of exam at the beginning of the semester. To pass the examination, both assessment components have to be passed.
Medienformen Media used	The material is organized in thematic groups and presented by means of electronic slides. Initial exercise tasks together with a practical design and implementation project allows students to develop their analytical skills and deepen their programming knowledge.
Literatur Reading list	• Marriott, Dwyer, Riche, Stuerzlinger: Immersive analytics, 2018 • Min Chen, Helwig Hauser, Penny Rheingans, Gerik Scheuermann, Foundations in Data Visualization, 2019 • Fröhler, B., Heinzl, C. (2022), A Survey on Cross-Virtuality Analytics. Computer Graphics Forum, 41: 465-494. https://doi.org/10.1111/cgf.14447 • Unraveling the Design Space of Immersive Analytics: A Systematic Review. I https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3327368 • Grand Challenges in Immersive Analytics. https://doi.org/10.1145/3411764.3446866 • Survey of Immersive Analytics. https://doi.org/10.1109/tvcg.2019.2929033 • Immersive Analytics of Multidimensional Volumetric Data. https://doi.org/10.34726/hss.2021.86329 Further materials in the lecture slides

6179	Project in Visual Computing	PN 455419
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Normalerweise jedes Semester Typically every semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Heinzl	
Dozent(in) Lecturer	Heinzl	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIM“ Focus „AIM“	
Lehrform/SWS Contact hours	2Ü+2P	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 120 Std. Vor- und Nachbereitung 60 contact hours + 120 hrs preparation and follow-up	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Grundlagen der Informatik, Software Engineering, Programmierung I + II Foundations of Computer Science, Software Engineering, Programming I+II	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	After positive completion of the course, students are able to perform and realize a reasonably sized software project in the area of visual computing or visualization. Students will be able to plan and execute respective tasks and implement visual computing techniques and methods in a prototypic system. After this practical course they are able to...	

	• analyze problems in the field of visual computing • design effective visualization concepts to solve them • implement these concepts using state-of-the-art libraries • create evaluation designs of visualization techniques
Inhalt Course content	Visual computing integrates computer science disciplines dealing with the acquisition, the analysis and the synthesis of (visual) data using computing resources in applications such as industrial quality control, medical image and data analysis, robotics, multimedia systems, computer games, etc.. Aside others, visual computing thus covers aspects from image processing, visualization, computer graphics, computer vision, virtual and augmented reality, pattern recognition, machine learning, as well as human computer interaction. This project targets the implementation of a larger, technically oriented project in the field of visual computing or visualization. The topics and contents of the project will be agreed upon individually with the supervisor and should cover a topic of mutual interest in visual computing. Didactic approach: In regular meetings with the supervisor (usually every one to two weeks), the individual steps of the software project to be completed are discussed. This includes: • Creation of a specification sheet • Rough draft • Detailed design • Implementation details • Test scenarios • Creation of results • Completion of project documentation • Final meeting • Presentation and discussion of the results It is intended that the assignment will be worked on in groups of two students.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio. The following items will be evaluated: Implementation and quality of the software project Presentation of the software project Discussion and defense of the chosen approach Evaluation of oral and written performance in the submission discussion, demonstration of the developed prototype and project documentation.
Medienformen Media used	Presentations
Literatur Reading list	Original works

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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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

6205	Energy Informatics I	PN 455415
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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 „AIA“ Focus „AIA“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60h Präsenz + 50h Übungslösungen + 70h für Vorlesungsthe- men und Prüfungsvorbereitung 60 hours of presence + 50 hours for solution to exercises + 70 hours for lecture topics 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	Software Engineering, Computer Networking, IT Security	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Understanding of the relationship between IT and energy sys- tems including resource utilization and fundamental metho- dologies, concepts, protocols and reference architectures used in the context of smart grids: • Understanding the relationship and responsibilities of	

	actors in energy economics for use case analysis • Studying and modelling of variable renewable energy sources, forecast and power flexibility • Knowledge of the communication architectures for smart grids, especially detailed understanding of the smart grid architecture model and how to apply it with model-driven development • Understanding of the main protocols and standards used for information gathering, data analysis and communication in smart grids <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Selecting and applying appropriate methods for modelling renewable energy sources and flexibility from e.g. battery storages or combined heat and power plants. Designing the overall architecture of smart grid applications with a focus on exchange of information and communication infrastructure technologies using the Smart Grid Architecture Model. Identification of the most important standards for the communication infrastructure of a smart grid. Application of software tools for grid monitoring, distributed smart grid control, and grid management. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Classification of methods and techniques for modelling renewable energy sources and flexibility in the smart grid. Deep understanding of the communication architectures used for the smart grid: motives behind energy business actors and components, available standards, and pros and cons of different architectures and communication protocols for different applications in the smart grid. Understanding different smart grid applications in the context of the smart grid architecture model.
Inhalt Course content	In this lecture, we focus upon what differentiates the smart grid from the "traditional" power grid as it has been known for the last century. Furthermore, we provide the students with a fundamental understanding of energy economics, smart grid architecture and a focus on the communication and networking sides. We will focus on the question how ICT can serve the energy system and how the different parts of the smart grid can be modelled appropriately. In this lecture, we discuss three main parts: First, we discuss the evolution of energy systems and their market actors. This includes challenges and solution approaches on integrating renewable energy sources in a smart grid using modelling of both energy sources and models for power flexibility such as storage systems or electric vehicles.

	Part two introduces the smart grid architecture model (SGAM), which helps us to allocate the smart grid actors and components, as well as to depict the requirements of smart grid applications on the information and communication technology and standards. The application of the SGAM on a selected smart grid use case deepens its understanding. In the third part, we discuss different communication technologies that can be used in the context of the smart grid. Finally, we focus on several smart grid use cases for which a review of relevant communication standards is conducted. Thereby, relevant protocols are discussed in detail and are analyzed in terms of applicability, communication technology and IT-security.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 minutes written or 20 minutes oral exam (in English) or portfolio. The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester. A portfolio examination may contain tasks that relate to a project that uses the smart grid architecture model as basis and may consist of: • Written or oral partial examination • Documented and executable source code for tasks with tools • Live demonstration of task solutions • Summary of relevant research papers with topics of the module • Technical report • Ongoing technical sub-reports for a final summary into a complete document • Presentation of created material with use of suitable presentation techniques, e.g. PowerPoint, Live-Coding, Whiteboard, Flipchart The work on the portfolio will be carried out parallel to the lecture and the final submission of the portfolio will take place no later than 4 weeks after the end of the lecture period. The lecturer will announce the exact requirements for the portfolio at the beginning of the course.
Medienformen Media used	Präsentation mit Overheadprojektor, Tafel Presentation on projector, blackboard
Literatur Reading list	Christian Neureiter. A Domain-Specific, Model Driven Engineering Approach for Systems Engineering in the Smart Grid. November 2017 Momoh, James. Smart grid: fundamentals of design and analysis. Vol. 63. John Wiley & Sons, 2012. Additional literature will be referenced in the lecture material

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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
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 „AISE“ Focus „AISE“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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.

6210	Semantic Data Integration	PN 473270
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Algergawy	
Dozent(in) Lecturer	Algergawy	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> The students acquire a systematic understanding how to combine and integrate different data sources using a broad range of techniques for data integration. During the integration pro-	

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

Verlag, 2007.

Luna Dong, Divesh Srivastava: Big Data Integration. Morgan & Claypool, 2015.

Serge Abiteboul, et al: Web Data Management. Cambridge University Press, 2012.

Mountantonakis, Michalis, and Yannis Tzitzikas. "Large-scale semantic integration of linked data: A survey." ACM Computing Surveys (CSUR) 52.5 (2019): 1-40.

Jérôme Euzenat, Pavel Shvaiko: Ontology Matching. Springer, 2007.

Felix Naumann: An Introduction to Duplicate Detection. Morgan & Claypool, 2012.

6211 Management of Scientific Data PN 472780	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Algergawy
Dozent(in) Lecturer	Algergawy
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“
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	Datenbanken und Informationssysteme, Algorithmen und Da- tenstrukturen, 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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> The students gain a systematic understanding of the main components of data lifecycle in research data management starting from research data planning to data archiving, inte-

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

tial : <https://masterclasses.nature.com/managing-research-data/18320206>

Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Research data Oxford: <https://researchdata.ox.ac.uk/data-management-training>

Cox, A. M., & Pinfield, S. (2014). Research data management and libraries: Current activities and future priorities. *Journal of Librarianship and Information Science*, 46(4), 299–316. <https://doi.org/10.1177/0961000613492542>

6212	Modern Database Systems	PN 472770
Häufigkeit des Modulangebots 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 „AISE“ Focus „AISE“	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
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 „AEMM“ Focus „AEMM“
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics
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

6219 IoT Security: Security Solutions for the Internet of Things PN 455520	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Katzenbeisser
Dozent(in) Lecturer	Anagnostopoulos
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“
Lehrform/SWS Contact hours	2V
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 60 hours independent study and exam preparation
ECTS Credits	3
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	-
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students acquire basic knowledge of the Internet of Things (IoT), of its different segments that include devices of varying capabilities, of the industrial IoT, as well as of the concept of IoT 2.0, which combines IoT with advanced technologies, such as artificial intelligence and the blockchain. The students gain

	knowledge of potential security solutions for the IoT, ranging from the design level to security protocol implementations for particular use cases, such as device authentication, device attestation, and sensor data aggregation. Additionally, practical knowledge on how to gather sensor data and secure them is also provided by examining the relevant topic with the help of the STM B-L475E-IOT01A board. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Students gain the ability to outline and potentially implement security solutions, ranging from design-level solutions to use case protocols, both in theory and in practice. Students gain the ability to theoretically analyze potential threats in the framework of the IoT and to phrase out relevant requirements, potentially leading to the corresponding security specifications. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students learn to analyze the security requirements, specifications, threat models and analyses associated with the IoT, and select appropriate security solutions to address them, without affecting the practicality and efficiency of the relevant IoT systems. Practical competencies for the design and implementation of security solutions in the framework of the IoT are also acquired, to a limited extent.
Inhalt Course content	The following topics are covered: • Basic concepts (definition of the Internet of Things (IoT), examination of the different segments of the IoT and their diversity, applications of the IoT, the need for (lightweight) security in the IoT) • Requirements, specifications, threat modelling, attack surface analysis for the IoT • The ENISA reports regarding good practices for security of the IoT • The Industrial Internet of Things (IIoT) and the concept of IoT 2.0 • Introduction of security in the IoT in the design phase • Lightweight security primitives: Physical Unclonable Functions (PUFs), True Random-Number Generators (TRNGs), Trusted Platform Modules (TPMs), and other solutions • Lightweight cryptography for the IoT: Standards and proposed solutions • Authentication protocols in the context of the IoT • Attestation of IoT devices in the field • Advanced security solutions for the IoT utilizing the blockchain, machine learning, post-CMOS technologies

	and/or advanced artificial intelligence (Security for the IoT 2.0 concept) • Secure sensor data aggregation in the context of the IoT: Issues and potential solutions • Sensor measurements with the STM B-L475E-IOT01A board • Security in the framework of the STM B-L475E-IOT01A board • Exploring a comprehensive security solution for the STM B-L475E-IOT01A board in the framework of a network forming a small segment of the IoT
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 Minuten Klausur in Englisch 90-minute written exam in English
Medienformen Media used	Presentation, projector, blackboard, sensor measurements with the STM B-L475E-IOT01A board
Literatur Reading list	Russel & Van Duren: „Practical Internet of Things Security“, 2nd edition, Packt Publishing, 2019. Gilchrist: „IoT Security Issues“, De Gruyter, 2017.

6220 Introduction to Microelectronics: From Silicion to PN 455530 Computer Components	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Katzenbeisser
Dozent(in) Lecturer	Anagnostopoulos
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AISE“ Focus „AISE“
Lehrform/SWS Contact hours	2V
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 60 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 60 hours independent study and exam preparation
ECTS Credits	3
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	-
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students acquire basic knowledge of microelectronics, ranging from semiconducting materials and their principles of operation in the context of computers to post-CMOS technologies, simple digital circuits, and their applications for computation

	and computer sciences. Students learn the working principles of diodes, transistors, operational amplifiers, and even post-CMOS electronics relevant to digital circuits in the framework of computer science. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Students learn the application domains of microelectronics and are able to design simple analog and digital circuits, such as memory cells, both in theory and in practice. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Students learn to analyze simple circuit designs and gain the ability to select the appropriate microelectronic components for the creation of simple circuits to address problems in the computation, storage, and other similar domains.
Inhalt Course content	The following topics are covered: • Basic concepts of microelectronics (examples of electronic systems, electronics vs. microelectronics, etc.) • Short introduction to the physics of microelectronics (charge carriers, the pn junction, the need for conductors and semiconductors, silicon and other semiconducting materials) • Diodes and their applications • MOS transistors (PMOS, NMOS, CMOS), their principles of operation, and their applications • CMOS amplifiers • Operational amplifiers, modes of operation (noninverting amplifier, inverting amplifier, integrator and differentiator, voltage adder), and their applications • Design principles of simple computer components based on microelectronics (memory cells, registers, logical gates) • Basic digital circuits and practical applications • Circuit design, correction, and theoretical testing using artificial intelligence • Microelectronics beyond silicon: connection to nanoelectronics and post-CMOS technologies
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	90 Minuten Klausur in Englisch 90-minute written exam in English
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Tafel Presentation, projector, blackboard
Literatur Reading list	Sedra, Smith, Carusone & Gaudet: „Microelectronic Circuits“, 8th edition, Oxford University Press, 2019. Momeni: „Grundlagen der Mikroelektronik 1“, Springer, 2021. Razavi: „Fundamentals of Microelectronics“, 3rd edition, Wi-

	ley & Sons, 2021.
--	-------------------

6232	Prototyping & Programming	PN 455430
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Fraser, Kosch	
Dozent(in) Lecturer	Fraser, Kosch	
Sprache Language of instruction	Deutsch German	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
Lehrform/SWS Contact hours	4Ü Blockveranstaltung	
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Präsenz + 90 Std. Vor- und Nachbereitung des Praktikums 90 contact hours + 90 hrs preparation and follow-up	
ECTS Credits	6	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierung I Programming I	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden entwerfen einen Prototypen als 3D-Modell am Computer, definieren Werkzeugwege und erstellen Schnittmuster für CNC-Maschinen. Der Prototyp wird anschließend gefertigt, zusammengebaut und mit einem Microcontroller als Steuerung/Regelung ausgestattet. Dabei werden die grundlegenden Prinzipien des Messens, Steuerns und Regelns verwen-	

	det. Außerdem wird ein fortgeschrittener KI-Ansatz implementiert. <u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Teilnehmer erwerben die Fähigkeit Modellierung und Fertigung realer Gegenstände (bspw. Ersatzteile). Sie programmieren Microcontroller wie Arduino, RaspberryPi oder ESP8266 und lernen die programmiertechnischen Herausforderungen des hardwarenahen Programmierens eingebetteter Systeme zu bewältigen. Zudem verwenden sie Mustererkennung mittels künstlicher Intelligenz. Die Studierenden erlernen ein bestehendes Modell des maschinellen Lernens mittels Finetunings auf ihren Anwendungsfall anzupassen bzw. selbst ein Modell zu trainieren. <u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer erwerben Kompetenzen auf hardware- sowie softwaretechnischer Ebene. Sie lernen auf typische Probleme in der CNC-Fertigung sowie Microcontrollerprogrammierung geeignet zu reagieren. Die Teilnehmer lernen begründet Entscheidungen im Rahmen der hardwarenahen Programmierung zu treffen. Die Teilnehmenden erwerben Kompetenzen verschiedene Modelle des Maschinellen Lernens gegeneinander abzuwägen und das für ihren Anwendungsfall geeignete Modell anhand der gegebenen Faktoren begründet auszuwählen.
Inhalt Course content	Studierende konstruieren und fertigen sowohl ein 2D-Modell als auch ein 3D-Modell. Dazu werden verschiedene additive als auch zerspanende Produktionsverfahren verwendet. Konkret stehen 3D-Drucker (Filament/Resin), CNC-Laser und CNC-Fräsen zur Verfügung. Anschließend werden die Bauteile zusammengesetzt und programmiert. Für die Verarbeitung von Sensordaten und Reaktion auf diese wird künstliche Intelligenz verwendet. Dabei wird je nach Möglichkeit ein vorhandenes Modell verwendet, welches Finetuning erfährt oder aus eigenen Messdaten ein neues Modell trainiert. Diskutiert werden reale Anwendungsfälle und sinnvolle Einsatzmöglichkeiten in Schule und Wirtschaft.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio-Prüfung basierend auf der Eignung, Implementierung, und Auswertungsmethodik der gewählten Methoden, den erzielten Ergebnissen, und der Präsentation der Projektergebnisse. Die Elemente des Portfolios sind: Der Quelltext inklusive Dokumentation, eine schriftliche Ausarbeitung zu den Projektergebnissen, Präsentationen der Projektergebnisse, sowie ein abschließendes Prüfungsgespräch (ca. 10 Minuten) mit jedem Teilnehmenden. Bei Teampräsentationen muss jeder Teilnehmende den Eigenanteil am Projekt darstellen. Zu-

	sätzlich werden die Eigenanteile in der Quelltextdokumentation und der Ausarbeitung schriftlich festgehalten. Details zur Bewertung werden zu Beginn der Lehrveranstaltung erläutert.
Medienformen Media used	Präsentation, Beamer, Werkstatt
Literatur Reading list	Wird vom Dozent/von der Dozentin bekannt gegeben.

25940 Recht des Datenschutzes und der Datensicherheit PN 861001 Data Protection Law and Data Security	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Hennemann (Juristische Fakultät / Faculty of Law)
Dozent(in) Lecturer	Hennemann
Sprache Language of instruction	Deutsch German
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung 30 contact hours + 120 hrs independent study and exam preparations
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	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Im Ergebnis sollen die Studierenden datenschutzrechtliche Sachverhalte rechtlich zutreffend erfassen und einordnen können, sowie ein allgemeines Problembewusstsein für die Rechtsfragen im Datenschutz entwickeln.

Inhalt Course content	Die Vorlesung soll bei den Studierenden ein grundlegendes Bewusstsein für die rechtlichen Probleme des Datenschutzes schaffen. Dabei werden zunächst die rechtlichen Grundlagen des nationalen, europäischen und internationalen Datenschutzrechts, sowie die Ziele des Datenschutzrechts, erläutert. Nachfolgend liegen die Schwerpunkte der Vorlesung auf den Akteuren im Datenschutzrecht, der Datenverarbeitung, den Betroffenenrechten und der Datensicherheit. Abschließend wird auch die Rechtsdurchsetzung im Datenschutzrecht und das Zusammenspiel des Datenschutzrechts mit anderen Rechtsgebieten thematisiert. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf aktuelle Entwicklungen in Rechtsprechung, Staat und Gesellschaft gelegt.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 bis 120 Minuten) oder mündliche Prüfung (zwischen ca. 15 und ca. 30 Minuten) Written examination (60 to 120 minutes) or oral exam (15 to 30 minutes)
Medienformen Media used	Power Point Präsentation
Literatur Reading list	Beck-Texte dtv, Datenschutzrecht, 13. Auflage 2021 Kühling/Klar/Sackmann, Datenschutzrecht, 5. Auflage 2021 Rüpke/v. Lewinski/Eckhardt, Datenschutzrecht, 2018 (2. Auflage erscheint vss. im Juni 2022) Tinnefeld/Buchner/Petri/Hof, Einführung in das Datenschutzrecht, 7. Auflage 2019

32820	Organizational and Competitive Strategy	PN 264190
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Häussler (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Häussler / Figge	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	Lecture: 2 SWS (30 hrs. class instruction, 65 hr. self-study) Exercise Class: 2 SWS (15 hrs. class instruction, 40 hrs. self-study) Calculation is based on: every hr. per sem. week corresponds to 60 minutes. One semester is presumed to consist of 15 weeks, i.e. 14 course and 1 exam week.	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Gemäß § 3 der Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudienganges Business Administration. In accordance with § 3 of the Study and Examination Regulations for the master's degree programme Business Administration.	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-	
Angestrebte Lernergebnisse	• To understand concepts in the analysis of competition	

Learning outcomes	and strategy. • To master basic tools and instruments used in this analysis. • To apply the theoretical concepts to real-world examples. • To be able to evaluate corporate strategies and to analyze competitive environments.
Inhalt Course content	This lecture focuses on the organizational and strategic challenges companies face in order to obtain a sustainable competitive advantage. It engages in an application-oriented analysis of intercompany interaction along the value chain. Using simple game theoretic models, we discuss how companies decide for strategic moves in order to attain competitive advantages. Amongst others, central topics will be pricing decisions, market entry decisions, intellectual property protection, network effects, and vertical relations within the value chain.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Final exam 60 minutes Final exam: 100%
Medienformen Media used	Interactive lecture Discussion of contents Discussion of questions and case studies linked to the organizational and competitive strategy of companies Interactive surveys and classroom experiments
Literatur Reading list	Besanko/Dranove/Shanley/Schaefer (2010): Economics of Strategy, John Wiley & Sons 2010 Dixit/Nalebuff (2010): The Art of Strategy: A Game Theorist's Guide to Success in Business and Life, Norton Paperback Selected essays and journal articles

32866 Entrepreneurship Development Programme PN xxxxxx	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester
Moduldauer Module duration	2 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Barmeyer; Bleyer; Bort; Granitzer; Häussler; Mayr; Schumann; Totzek; von Lewinski; Diekmann
Dozent(in) Lecturer	Barmeyer; Bleyer; Bort; Granitzer; Häussler; Mayr; Schumann; Totzek; von Lewinski; Diekmann
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	-
Arbeitsaufwand Workload	90 hrs. class instruction, 210 hrs. self-study & teamwork
ECTS Credits	10
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Successful application and participation at 'Focus Days' (Note: The selection of participants, if necessary, will take place after application at the so-called 'Focus Days'.) Initial (business) idea, and at least a team of two members are recommended.
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik Master Computer Science
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students who have successfully participated in the module Entrepreneurship Development Programme, • explain concepts and methods in the start-up field and identify decision-relevant milestones in various sub-areas such as “customer-centric idea development”, “business modelling”, “prototyping”, “testing”, and “stakeholder management”.

	• analyse in detail the potential of target markets, prototypes or business ideas with qualitative (and, if necessary, quantitative) customer and market research tools. • apply established entrepreneurial tools and concepts to formulate and quantify a compelling value proposition while taking sustainable (ecological and social), and intercultural effects into consideration. • develop and reflect entrepreneurial thinking and action during the practical experience of setting up a business, for which self-initiative, decisiveness, teamwork, communication skills, and creativity are of central importance. • critically reflect and discuss their entrepreneurial decisions, actions and experiences based on scientific concepts and theories. • set up and present a sophisticated pitch deck and business plan, which compellingly structures the business idea and prototype for potential stakeholders (e.g., partners, employees, or investors). • develop and reflect entrepreneurial thinking and action during the practical experience of setting up a business, for which self-initiative, decisiveness, teamwork, communication skills, and creativity are of central importance.
Inhalt Course content	The Entrepreneurship Development Programme is an intense, interdisciplinary programme to develop and validate a business idea and prototype with a focus on digitalisation, interculturality or sustainability. Following the Lean Start-up method, the programme is structured in two intense phases focusing on value creation and value capture to meet the individual needs of student start-up teams (or student entrepreneurs). Within each intense phase, the (business) idea and prototype(s) will be refined in various workshops and individual coaching sessions. Faculty specialised in (digital) technology, business, sustainability, interculturality, and law support the teams in developing and validating their business model and prototype(s). At the end of the programme, all developed content results in a business plan and pitch deck presented at the final pitch event which can be the starting point for the next steps as an entrepreneur. In conjunction with an individual reflection on entrepreneurial decisions in the light of state-of-the-art studies in entrepreneurship, students prepare for the next steps as entrepreneurs. — The following contents will be covered: • Customer and market research

	• Value proposition design along with competition and stakeholder analyses • Business modelling, incl. financial planning as well as sustainable (ecological and social) impact • Marketing strategy (incl. marketing mix) formulation and intercultural aspects • (Digital) prototyping and testing based on psychological theories and concepts • Legal idea and stakeholder assessment
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Portfolio examination (active participation, written reports, individual presentations, and individual term paper). The module is not graded.
Medienformen Media used	
Literatur Reading list	Literature & supporting material will be announced individually in the workshops & coaching sessions

32900 Strategy for High-Tech Startups PN 264509	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Häussler (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	Häussler / Figge
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	Lecture: 2 SWS (30 hrs. class instruction, 65 hrs. self-study) Exercise Class: 2 SWS (15 hrs. class instruction, 40 hrs. self-study) Calculation is based on: every hr. per sem. week corresponds to 60 minutes. One semester is presumed to consist of 15 weeks, i.e. 14 course and 1 exam week.
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Gemäß § 3 der Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudienganges Business Administration. In accordance with § 3 of the Study and Examination Regulations for the master's degree programme Business Administration.
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse	Understanding the concepts in Entrepreneurship and

Learning outcomes	their application • Knowledge of Entrepreneurship theories and core findings of scientific studies on Entrepreneurship • Understanding the influences of digitalization, new technologies, and strategic implications for high-tech startups • Analysis of entrepreneurial strategies and their implications for the economy • Formulation of adequate recommendations for the entrepreneurial high-tech organization
Inhalt Course content	Founding one's own company requires not only a promising business idea but also a successful management of upcoming strategic and organizational challenges. Successfully performing these management tasks is a substantial part of being a successful entrepreneur. This course focuses on these management tasks concerning the foundation of a company, especially with regard to high-technology startups. Inspired by real founding process, the course starts with an introduction to venture opportunities, concepts and strategies. Following this introduction, concepts on venture formation, organizational planning, as well as a technology development strategy are discussed in the context of high-technology startups. The course closes with answers to the questions how to finance and how to build the venture. The lecture aims at acquainting students with theories and concepts, which are repeated and further discussed during the exercise class. Case studies are used to link theories with real company examples.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Written exam at the end of the course, 60 min (100%).
Medienformen Media used	Interactive lecture Discussion of contents Discussion of case studies
Literatur Reading list	Byers, T.H./Dorf, R. /Nelson, A.J. (2010): Technology Ventures – From Idea to Enterprise, McGraw-Hill Selection of essays, articles, and case-studies

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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics, 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.

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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik Master Computational Mathematics, 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 „AIA“ Focus „AIA“
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 Computational Mathematics, Master Business Administration, Master International Economics and Business, Master Wirtschaftsinformatik Master Computational Mathematics, 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 „AIA“ Focus „AIA“
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 Computational Mathematics, Master Business Administration, Master International Economics and Business
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Erlernen der Methoden und Interpretationsmöglichkeiten der (gewichteten) KQ Schätzung, u.a. OLS, (F)GLS, 2SLS, IV sowie von GMM und von empirisch relevanten Testverfahren.

	Grundverständnis etablieren, wann komplexe(re) Schätz- und Testverfahren bei der Arbeit mit Querschnittsdaten einzusetzen sind.
Inhalt 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	Neben den in der Veranstaltung genannten Quellen u.a. Hsiao, C., Bodkin, R.G. & M.D. Intriligator (1996), Econometric Models, Techniques, and Applications, 2A., Prentice-Hall Davidson, R. & J.G. MacKinnon (2004), Econometric Theory and Methods, Oxford Univ. Press Hansen, B. (2017), Econometrics, http://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/ Wooldridge, J. (2013), Introductory Econometrics, 5A., South-Western

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 „AIA“ Focus „AIA“	
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 Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The objective of the course is to provide participants with a sound understanding of some of the fundamental princip- les 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

38608 Advanced Strategic Sensitivity and Digitalization PN 264507	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	König (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	König
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	Workshop 4 SWS (60h presence time and 90h own working time) Calculation is based on: every hr./sem.-week corresponds to 60 minutes. One semester is presumed to be 15 weeks, i.e. 14 course + 1 exam week
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	According to § 3 of the study and examination regulations for the Business Administration Master's programme.
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students get familiar with the concept of strategic sensitivity and with recent developments in digitalization. They will learn to apply theories and methods of strategic management, innovation and entrepreneurship research, communication research as well as leadership rese-

	arch to solve digital challenges strategically, to develop own digital business models, and to communicate them successfully. • Furthermore, students will train their presentation skills by pitching their own innovations to an expert panel. • Students will also apply a set of advanced empirical methodologies to induce and test hypotheses that underlie and feed their strategic thinking.
Inhalt Course content	This workshop is concerned with two focal questions: (1) How can we identify digital trends? (2) How can we develop innovative digital business models and communicate them in a way that important stakeholders appreciate, remember, use, and/or fund them? We teach approaches and methods from management, innovation and entrepreneurship research, communication research, and leadership studies. The central, unifying concept participants learn to apply and leverage is that of strategic sensitivity, i.e., deliberate and research-driven search for anomalies to taken-for-granted business assumptions and the purposefully entrepreneurial implementation of innovative ideas. Once acquainted with theories and methods, participants will work in teams to develop recommendations and communicate concepts for a current real world managerial problem. This semester, an international manufacturer of passive electronic components will present a digital challenge to the students. Additional information: • The course is offered as a block course. • The course can be credited in the DTE Pathfinder. • The course will be held in English. • Typically, the course will be blocked within the first two weeks of the semester. There will be a mid-term presentation and a final presentation. • You have to apply for this workshop. For further information, please visit Stud.IP or our homepage via https://www.wiwi.uni-passau.de/strategieinnovation/studium/seminare-und-workshops/
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Set of slides, group presentation with Q&A part, 60 minutes, 70% of the final grade Detailed description of research, data and methodology (about 20 pages per group), 30% of the final grade
Medienformen Media used	–

Literatur Reading list	–

38609 Fundamentals of Digitalization and Digital Trends PN 266700	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	König (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	König / Tran / Komander
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“
Lehrform/SWS Contact hours	2V
Arbeitsaufwand Workload	30h presence time and 120h working time Calculation is based on: every hr./sem.-week corresponds to 60 minutes. One semester is presumed to be 15 weeks, i.e. 14 course + 1 exam week
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Gemäß § 3 der Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudienganges Business Administration. In accordance with § 3 of the Study and Examination Regulations for the master's degree programme Business Administration.
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	• A solid understanding of the core tools and concepts of current digital trends • A sound understanding of central theories of research

	in the context of digital trends and the research environment and the theoretical issues discussed in current innovation and entrepreneurial research • The ability to reflect real-life digital trends using the discussed instruments and develop strategies based on them • The ability to identify and utilize digital trends to create own new business models • Understand and utilize modern strategic decision making tools
Inhalt Course content	This interdisciplinary lecture series addresses digital trends and how they can be utilized within society. Each year, the lecture focuses on a different topic within the field, such as digital health, human-computer interaction, brain-computer interfaces, wearable computing, anthro-pomorphic hardware, visual analytics, cyber security, data and health, legal tech, blockchain, fin tech, 4D printing, and so forth. In the lectures, scholars from the university, distinguished guest scholars, and practitioners introduce a variety of technological developments and their impact on businesses, the economy, and society. Students will gain a deeper insight into the topic through scientific reading assignments.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	60-münutige Klausur Written exam, 60 minutes, 100% of the final grade.
Medienformen Media used	–
Literatur Reading list	The slides will be uploaded on StudIP. Further literature will be announced during the first course session.

39734 Approximate Dynamic Programming (Reinforcement Learning) PN 266194	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Notice: formerly „Advanced Topics in Management Science: Planing of Complex Interactive Systems" Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Otto (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	Otto
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	Lecture 4 SWS (60 h attendance and 90 h own work) Calculation basis: 15 weeks in a semester, including an examination week; each SWS corresponds to 60 minutes
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	The main objective of the course is to impart insights into dynamic-programming-based approaches for complex nonlinear optimization problems (especially mixed-integer optimization problems), including online optimization, sequential decision making and stochastic optimization. Students will learn

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

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

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

39746	Sustainable Supply Chain Management	PN 265770
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Otto (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Mohan	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V	
Arbeitsaufwand Workload	Lecture 2 SWS (30 h attendance and 120 h own work) Calculation basis: 15 weeks in a semester, including an examination week; each SWS corresponds to 60 minutes	
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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Students will learn to assess and measure sustainability in supply chains using life cycle analysis. Further, they will learn to integrate these measures in supply chains. In particular they will learn about operational aspects of managing logistics, inventory, and facilities in a sustainable supply chain. The social dimension of sustainable supply chain will also be discussed. The course will cover theoretical foundations, practical appli-	

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

39908	Applied Machine Learning in Finance	PN 262107
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kellner (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Kellner	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 45 Std. Übungen + 45 Std. Nachbereitung der Vorlesung und Prüfungsvorbereitung 60 contact hours + 45 hrs exercises + 45 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	Keine None	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Business Administration, Master Wirtschaftsinformatik Master Business Administration, Master Information Systems	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Studierende erlangen ein grundlegendes Verständnis zu der Funktionsweise von Machine Learning Algorithmen. Ein Schwerpunkt des Kurses liegt in der Kompetenz, neue und vorab unbekannte Methoden selbstständig erlernen zu können. Hierbei unterstützt vor allem die interaktive Gestaltung des Kurses. Zudem entwickeln Studierende Kenntnisse bezüglich	

	der Anwendbarkeit und Umsetzung von Machine Learning Algorithmen im wirtschaftswissenschaftlichen Bereich. Darüber hinaus werden im Kurs allgemeine und wichtige Fähigkeiten, wie die Darstellung komplexer Algorithmen und derer Ergebnisse in Form von Präsentationen, sowie das kritische Hinterfragen zum Vorliegen bestimmter quantitativer Resultate geschult. — Students get basic knowledge about functionality of machine learning methods. The competence to learn new and unknown methods by your own is one of the focuses of this course. For this the interactive organisation of this seminar will be very helpful. Besides students develop knowledge in applicability and implementation of machine learning algorithm in the economical sector. Moreover, this course trains common and important skills, such as the presentation of complex algorithm and their results as well as questioning certain quantitative results critically.
Inhalt Course content	• Einführung in die Programmierung mit Python • Klassische Machine Learning Algorithmen: • Regressionsmodelle: – Decision und Regression Trees – Support Vector Machines – Ensemble Learning (Random Forests und Gradient Boosting) – Neural Networks • Text Embedding Methoden: – Word2Vec – Doc2Vec – GloVe • Anwendung der Methoden für bekannte Supervised und Unsupervised Probleme aus dem Bereich Finance und Economics • Reproduktion wissenschaftlicher Resultate aus Fachzeitschriften • Ggf. Teilnahme an Datenwettbewerben — • Introduction in programming with Python • Typical Machine Learning algorithm: • Regression models: – Decision und Regression Trees – Support Vector Machines – Ensemble Learning (Random Forests and Gradient Boosting) – Neural Networks

	• Text Embedding methods: – Word2Vec – Doc2Vec – GloVe • Application of the methods for familiar supervised and unsupervised problems in finance and economics sector • Reproduction of scientific results from professional journals • If applicable participation in data competitions
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Zwei Präsentationen zu je 40% Dokumentation der Auswertung in Form eines Notebooks 10% Diskussionsbeteiligung 10% — Two presentations: 40% each Documentation of your analysis via Notebook: 10% Discussion participation: 10%
Medienformen Media used	Interaktive Vorlesungen Interaktive Übungseinheiten Diskussionen in der Gruppe Digitale Begleitdokumente zur Programmierung mit Python Digitale Unterlagen über die methodischen Grundlagen des Kurses — Interactive lectures Interactive exercise sessions Group discussions Digital supporting documents about programming with Python Digital supporting documents about the methodical basis of this course
Literatur Reading list	An Introduction to Statistical Learning (2013) – James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., Springer The Elements of Statistical Learning (2017) – Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., Springer Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow (2017) – Geron, A., Wiley Machine Learning in Finance (2021) – Dixon, M.F., Halperin, I., Bilokon, P., Springer Verlag Machine Learning for Text (2018) – Aggarwal, C. C., Springer Verlag

39910	Artificial Intelligence in Finance	PN 262502
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Sommersemester Every summer semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kellner (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)	
Dozent(in) Lecturer	Kellner	
Sprache Language of instruction	Englisch English	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü	
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbereitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 hrs attendance + 90 hrs follow-up of the lecture material and exam preparation	
ECTS Credits	5	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None	
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierkenntnisse und Kenntnisse quantitativer Methoden sind von Vorteil, jedoch nicht erforderlich. Motivierte Studierende haben mit den Grundkenntnissen des Bachelorstudiums alle Voraussetzungen, den Kurs erfolgreich zu absolvieren. Programming skills are advantageous, but not absolutely necessary. Because of the basic knowledge from the Bachelor's degree, motivated students have all the requirements to pass this course successfully.	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-	

Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Studierende erlangen ein grundlegendes Verständnis für die Modellierung von sequentiellen Entscheidungsprozessen und können diese auf wirtschaftliche Entscheidungsprozesse adaptieren. Zudem verstehen Studierende auf welche Art künstliche Intelligenz beim Treffen dieser Entscheidungen verwendet wird und wie diese eingesetzt werden kann. Studierende haben anhand des Beispiels Trading die Möglichkeit gängige Algorithmen zu verwenden und eigene automatisierte Strategien zu entwickeln — Students get a basic understanding of the modelling of sequential decision-making processes and learn how to adapt them on economic decision-making processes. Furthermore, students understand how artificial intelligence is used to make those decisions and how it can be utilized. Students get the possibility to use established algorithms, based on the examples of Trading, and to generate their own automatic strategies.
Inhalt Course content	Einführung in die Programmierung mit Python Einführung in das Reinforcement Learning Methoden der Funktionsapproximation Gängige Algorithmen des Reinforcement Learning Trainieren künstlicher Agenten bei wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen Entwicklung automatisierter Tradingstrategien — Introduction on programming with Python Introduction on Reinforcement Learning Methods of function approximation Established algorithms of Reinforcement Learning Training artificial agents for economic decision-making processes Processing of automatical trading strategies
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur: 40% Projektarbeit: 60% Exam: 40% Project: 60%
Medienformen Media used	Interaktive Vorlesung inkl. digitaler Unterlagen, interaktive Übungseinheiten mit eigenständiger Programmierung Interactive lecture, including digital supporting documents and learning videos, interactive tutorials, including programming by yourself.
Literatur Reading list	Reinforcement Learning (2018) – Sutton, R. S., Barto, A. G. MIT Press

39915 Deep Learning and Text Analysis in Finance PN 262503	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Kellner (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät / Faculty of Business, Economics and Information Systems)
Dozent(in) Lecturer	Kellner
Sprache Language of instruction	Englisch English
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „AIA“ Focus „AIA“
Lehrform/SWS Contact hours	2V + 2Ü
Arbeitsaufwand Workload	60 Std. Präsenz + 90 Std. Nachbereitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 hrs attendance + 90 hrs follow-up of the lecture material and exam preparations
ECTS Credits	5
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Programmierkenntnisse und Kenntnisse quantitativer Methoden sind von Vorteil, jedoch nicht erforderlich. Motivierte Studierende haben mit den Grundkenntnissen des Bachelorstudiums alle Voraussetzungen, den Kurs erfolgreich zu absolvieren. Programming skills are advantageous, but not absolutely necessary. Because of the basic knowledge from the Bachelor's degree, motivated students have all the requirements to pass this course successfully.
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	-

Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Methoden des Deep Learnings und der Textanalyse wurden ursprünglich für den Einsatz in anderen wissenschaftlichen Disziplinen, wie der Bilderkennung oder beispielsweise der Verwendung von Chatbots, entwickelt. Dennoch lassen immer mehr aktuelle Anwendungen und Publikationen auf großes Potential dieser Methoden für den Wirtschaftsbereich rückschließen. Ziel des Kurses ist es ein grundlegendes Verständnis für die Funktionsweise der im Kurs behandelten Methoden zu erlangen und deren Anwendungsmöglichkeiten im wirtschaftswissenschaftlichen Umfeld zu identifizieren und zu erfahren. — Methods of Deep Learning and text analytics were primary developed to be used in other scientific sectors, such as image recognition or for example the usage of chatbots. However more and more current practices and publications allow the conclusion to be drawn that there is a big potential of this method for the economical sector. The target is to get a basic knowledge of the function of the methods discussed in this course and to identify their possibilities of usage in the economical sector.
Inhalt Course content	Einführung in die Programmierung mit Python Neuronale Netze (Forward, Recurrent und Convolutional) mit Anwendungen zur • Prognose und Klassifizierung von Finanzdaten • Portfoliokomposition • Identifikation von Besonderheiten bei Finanzdaten (mittels Autoencoder) • Generierung künstlicher Finanzdaten (mittels GANs) Textanalyse • Komprimieren von Texten, Wordfrequencies, Topicmodeling, Word vectors • Sentiment und Klassifizierung von Texten • Textanalyse von Geschäftsberichten, Earning Calls und Finanznachrichten — Introduction in programming with Python Neural networks (Forward, Recurrent and Convolutional) and their usage for • prediction and classification of financial data • composition of portfolio • identification of specifics in financial data (by using Autoencoder) • generation of artificial financial data (by using GANs) Copy research

	• compromising of texts, wordfrequencies, topicmodelling, word vectors • sentiment and classifying of texts Copy research of business reports, earning calls and financial news
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Gemischt, bestehend aus theoretischer Prüfung und Projektarbeit(en) Examination and project
Medienformen Media used	Interaktive Vorlesungen inkl. digitaler Unterlagen Interaktive Übungseinheiten mit eigenständiger Programmierung Interactive lecture, including digital supporting documents and learning videos Interactive tutorials, including data analysis made by your own.
Literatur Reading list	Deep Learning (2016) – Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A.: MIT Press Machine Learning in Finance (2021) – Dixon, M.F., Halperin, I., Bilokon, P.: Springer Verlag Machine Learning for Text (2018) – Aggarwal, C. C., Springer Verlag

48212 Folgen der Digitalisierung für die Gesellschaft Consequences of Digitalisation for Society		PN 472213
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Wintersemester Every winter semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Hohlfeld, Schmid-Petri(Philosophische Fakultät / Faculty of Arts and Humanities)	
Dozent(in) Lecturer	Schmid-Petri	
Sprache Language of instruction	Deutsch German	
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „CCC“ Focus „CCC“	
Lehrform/SWS Contact hours	2V	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 120 Std. Nachbereitung des Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung	
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	-	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	Die Studierenden: • haben einen Überblick über die thematische Breite, in der das Fach Kommunikationswissenschaft die Folgen der Digitalisierung aktuell untersucht • kennen die Chancen und Risiken der Digitalisierung für einzelne gesellschaftliche Teilbereiche	

	• können Prozesse der Digitalisierung sowie deren Folgen für verschiedene gesellschaftliche Teilbereiche analysieren, erklären, einordnen und reflektieren • kennen die fachspezifische Terminologie und können diese erläutern und anwenden
Inhalt Course content	Die fortschreitende Digitalisierung (und dabei vor allem die Möglichkeiten der digitalen Kommunikation) verändert zahlreiche gesellschaftliche (Kommunikations-)Prozesse und -strukturen. Das Modul beinhaltet eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Geschichte der Digitalisierung und des Medienwandels sowie eine Reflexion aktueller Forschung im Feld der digitalen Kommunikationswissenschaft. Anschließend werden die Folgen der Digitalisierung für einzelne gesellschaftliche Teilbereiche aufgezeigt – mit einem Fokus darauf wie sich öffentliche Kommunikationsprozesse durch die Digitalisierung verändern. Die Veranstaltung beinhaltet dabei unter anderem die folgenden thematischen Bereiche: — • Geschichte der Digitalisierung / Entwicklung des Internets • Formen und Charakteristika von Online-Kommunikation • Folgen der Digitalisierung für die Öffentlichkeit und deren Teilöffentlichkeiten • Folgen der Digitalisierung für andere gesellschaftliche Teilbereiche wie Politik, Journalismus, strategische Kommunikation oder Wirtschaft • Folgen der Digitalisierung für soziale Bewegungen und Mobilisierung • Veränderung von Nutzungsgewohnheiten und –mustern
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Klausur (60 Minuten) oder Hausarbeit (15 Seiten)
Medienformen Media used	–
Literatur Reading list	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Research Seminar I+II PN 472311, 472312	
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 nach Abstimmung mit der jeweiligen Dozentin bzw. dem jeweiligen Dozenten German or English in consultation with the respective lecturer
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Modulgruppe „RS“ Focus „RS“
Lehrform/SWS Contact hours	2S
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 von der jeweiligen Dozentin bzw. dem jeweiligen Dozenten zu Beginn des Semesters bekanntgegeben Will be announced by the respective instructors at the beginning of the semester
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 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 anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation — Elaboration of the set topic based on scientific literature, and presentation of the same
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Bewertung der schriftlichen Ausarbeitung (ca. 8-10 Seiten) und deren Präsentation. Dabei wird jeweils die mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz bzw. die schriftliche Erörterungskompetenz 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 (approximately 8-10 pages) and presentation. In each case, the oral expression and presentation skills or written discussion skills will be considered; one mark is jointly awarded for both.
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Compulsory Seminar PN 470011	
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 nach Abstimmung mit der jeweiligen Dozentin bzw. dem jeweiligen Dozenten German or English in consultation with the respective lecturer
Zuordnung zum Curriculum Curriculum	Compulsory Modules
Lehrform/SWS Contact hours	2S
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 von der jeweiligen Dozentin bzw. dem jeweiligen Dozenten zu Beginn des Semesters bekanntgegeben Will be announced by the respective instructors at the beginning of the semester
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 aufzubereiten und zu präsentieren. Kompetenzen: Selbständige Einarbeitung in ein Thema, schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationsfähigkeiten

	tionskompetenz — 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 anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation — Elaboration of the set topic based on scientific literature, and presentation of the same
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Bewertung der schriftlichen Ausarbeitung (ca. 8-10 Seiten) und deren Präsentation. Dabei wird jeweils die mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz bzw. die schriftliche Erörterungskompetenz 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 (approximately 8-10 pages) and presentation. In each case, the oral expression and presentation skills or written discussion skills will be considered; one mark is jointly awarded for both.
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Präsentation der Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering Presentation of the Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering		PN 478999
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	Compulsory Modules	
Lehrform/SWS Contact hours	-	
Arbeitsaufwand Workload	90 Std. Nachbearbeitung und Prüfungsvorbereitung (+Präsenz) 90 hrs independent study and exam preparation (+contact hours)	
ECTS Credits	3	
Voraussetzungen nach Prüfungsordnung 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 (ca. 20 Minuten bis ca. 45 Minuten); die genaue Prüfungsdauer wird vom Prüfer bzw. der Prüferin vorher bekannt gegeben. <i>[Beschluss des Prüfungsausschusses vom 10. Mai 2017]</i> Presentation (approx. 20 or 45 minutes); the precise mode of assessment will be announced by the examiner beforehand. <i>[Decision of 10 May 2017 by the board of examiners]</i>
Medienformen Media used	Beamer, Tafel, Overheadprojektor Projector, blackboard
Literatur Reading list	Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben Will be announced by the lecturer

Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering PN 499900 Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering	
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	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	Compulsory Modules
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 das Artificial Intelligence Engineering 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 Artificial Intelligence Engineering 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 der Dozentin bzw. dem Dozenten 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 der Dozentin bzw. dem Dozenten 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.