

Modulhandbuch für den Masterstudiengang Artificial Intelligence Engineering

Module Descriptions for the M.Sc. Degree Programme in Artificial Intelligence Engineering

**Inklusive der Beschlüsse des Prüfungsausschusses der Fakultät für Informatik und Mathematik der Universität Passau am 27. Juli 2022
Contains all decisions of the Board of Examiners of the Faculty of Computer Science and Mathematics of the University of Passau taken up to 27 July 2022**

Stand: 10. Oktober 2022

Last revised: 10 October 2022

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

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

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
Efficient Algorithms	455366	3V+2Ü	7	Rutter	English/German
Computational Logic	455357	3V+2Ü	7	Kreuzer	English
Parameterized Algorithms	455413	2V+2Ü	6	Rutter	English/German
Optimierung		4V+2Ü	9	Harks	English/German
Functional Analysis	451404	4V+2Ü	9	Forster-Heinlein	English/German
Stochastic Simulation	451017	3V+1Ü	7	Müller-Gronbach	English/German
Theory of Randomised Search Heuristics	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
Numerik der Polynom- und rationalen Approximation	485383	2V+1Ü	5	Forster-Heinlein	English/German
Mathematical Logic	455362	4V+2Ü	9	Kaiser	English
Markov Chain Monte Carlo	482521	3V+1Ü	7	Rudolf	English/German
Foundations of Statistical Data Science	482522	4V+2Ü	9	Rudolf	English/German
Machine Learning, Control and Optimization	455398	4V+2Ü	9	Schönlein, Wirth	English/German
Complex Dynamic Networks	471515	2V+1Ü	5	Schönlein	English
Classical Limit Theorems & Large Deviations	451019	4V+2Ü	9	Prochno	English/German
Computational Complexity Theory	482211	4V+2Ü	9	Müller	English
Integral Transforms and Computed Tomography	482301	4V+2Ü	9	Sauer	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
Markov Chain Monte Carlo	482521	3V+1Ü	7	Rudolf	English/German
Project in Visual Computing	455419	3Ü	6	Heinzl	English

Module Group “Artificial Intelligence Systems Engineering“ (AISE)

Module	Exam. Number	Contact Hours	ECTS	Professor	English/German
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	455376	2Ü+4P	8	Fraser	German
Search-Based Software Engineering	455378	2V+2Ü	6	Fraser	English
Scaling Database Systems	451016	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
Exemplary & Effective Programming	413152	4SWS	6	Abbott	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
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
Advanced Topics in Management Science: Planning of Complex Interacting Systems	266193	2V+2Ü	5	Otto	English
Practical Course: Advanced Topics in Management Science	266502	2Ü	3	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
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 professorships	English/German
Research Seminar II	472312	2S	5	All professorships	English/German

Compulsory/Core Modules

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

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis und Wörterbuch / List of abbreviations and dictionary		8
Building Blocks of the M.Sc. Artificial Intelligence Engineering		9
5600	Effiziente Algorithmen Efficient Algorithms	PN 455366 10
5670	Logik für Informatiker Computational Logic	PN 455357 13
5713	Parametrisierte Algorithmen Parameterized Algorithms	PN 455413 16
5721	Foundations of Energy Systems	PN 455361 18
5727	Energy Informatics II	PN 455416 21
5730	Optimierung	PN xxxxxx 24
5734	Mathematical Foundations of Machine Learning	PN 455394 27
5756	Funktionalanalysis Functional Analysis	PN 451404 30
5771	Multimedia-Datenbanken Multimedia Databases	PN 405031 33
5777	Technologien zur Wahrung der Privatsphäre in Informationssystemen 472215 Privacy-Preservation Technologies in Information Systems	PN 37
5807	Programming Applications for Mobile Interaction	PN 405026 41
5812	Stochastische Simulation Stochastic Simulation	PN 451017 46
5820	IT-Sicherheit Advanced IT Security	PN 405390 49
5843	Software-Analyse Software Analysis	PN 455368 53
5844	Advanced Software Product Development	PN 455376 56
5845	Search-Based Software Engineering	PN 455378 60
5874	IT-Sicherheitsrecht IT Security Law	PN 222431 63
5942	Network Science	PN 482601 66

5943	Data Science Lab	PN 482604	69
5944	Machine Learning Lab	PN 455382	71
5945	Advanced Topics in Data Science	PN 482603	73
5951	Theory of Randomised Search Heuristics	PN 455399	75
5952	Randomisierte Algorithmen Randomised Algorithms	PN 455388	78
5960	Partielle Differentialgleichungen Partial Differential Equations	PN 405167	81
5962	Symbolische Dynamik und Kodierung Symbolic Dynamics and Coding	PN 405212	84
5970	Scaling Database Systems	PN 451016	87
5972	Reproducibility Engineering	PN 455420	90
5980	Text Mining	PN 405024	93
5994	Numerik der Polynom- und rationalen Approximation	PN 485383	95
5995	Advanced Imaging	PN 454020	97
6020	Mathematische Logik Mathematical Logic	PN 455362	99
6047	Digital Healthcare	PN 455409	102
6061	Introduction to Deep Learning	PN 471616	105
6062	Introduction to AI Engineering	PN 470013	108
6063	Applied Artificial Intelligence Lab	PN 471615	110
6064	Responsible Machine Learning	PN 471617	113
6070	Markov Chain Monte Carlo	PN 482521	116
6072	Foundations of Statistical Data Science	PN 482522	118
6080	Computational Linguistics	PN 455396	121
6090	Sicherheit von Rechnern und eingebetteten Systemen Security of Computer and Embedded Systems	PN 455385	124
6092	Digitales Design mit Verilog-HDL auf FPGA Digital Design with Verilog-HDL on FPGA	PN 455408	128

6100	Maschinelles Lernen, Regelung und Optimierung Machine Learning, Control and Optimization	PN 455398 133
6101	Komplexe Dynamische Netzwerke Complex Dynamic Networks	PN 471515 136
6111	Klassische Grenzwertsätze & große Abweichungen Classical Limit Theorems & Large Deviations	PN 451019 139
6120	Principles of AI Engineering	PN 455410 143
6121	Requirements Engineering	PN 455412 146
6140	Exemplary and Effective Programming	PN 413152 150
6141	Komplexitätstheorie Computational Complexity Theory	PN 482211 153
6160	Cooperative Autonomous Vehicles	PN 455393 156
6179	Project in Visual Computing	PN 455419 158
6195	Integraltransformationen und Computertomographie Integral Transforms and Computed Tomography	PN 482301 160
6205	Energy Informatics I	PN 455415 162
6206	Data on the Web	PN 455417 165
25940	Recht des Datenschutzes und der Datensicherheit Data Protection Law and Data Security	PN 861001 167
32820	Organizational and Competitive Strategy	PN 264190 169
32900	Strategy for High-Tech Startups	PN 264509 171
35550	Topics in Applied Econometrics	PN 271030 173
35621	Computational Statistics – Regression in R	PN 261170 175
35622	Computational Statistics – Statistical Learning	PN 261001 177
35777	Methoden der Ökonometrie I Econometric Methods	PN 261120 179
35780	Advanced Data Analytics	PN 261004 181
38608	Advanced Strategic Sensitivity and Digitalization	PN 264507 183
38609	Fundamentals of Digitalization and Digital Trends	PN 266700 186
39734	Advanced Topics in Management Science: Planning of Complex Interacting Systems	PN 266193 188

39745	Practical Course: Advanced Topics in Management Science	PN 266502 190
39908	Applied Machine Learning in Finance	PN 262107 192
39910	Artificial Intelligence in Finance	PN 262502 195
39915	Deep Learning and Text Analysis in Finance	PN 262503 197
48212	Folgen der Digitalisierung für die Gesellschaft Consequences of Digitalisation for Society	PN 472213 200
	Research Seminar I+II	PN 472311, 472312 202
	Compulsory Seminar	PN 470011 204
	Präsentation der Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering Presentation of the Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering	PN 478999 206
	Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering Master's Thesis in Artificial Intelligence Engineering	PN 499900 208

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.

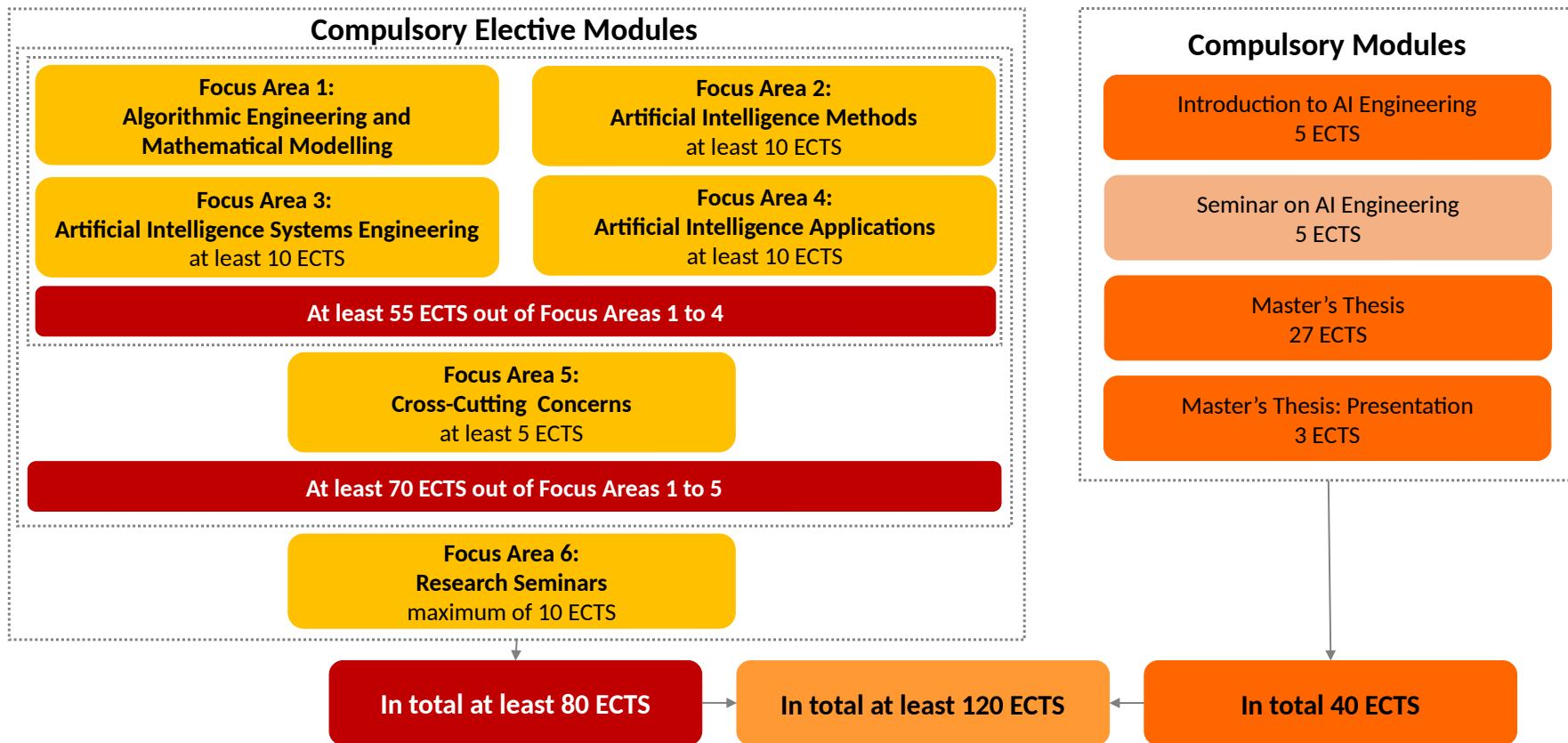
Remark: If at least one non-German speaker attends and the language of instruction is stated as “German or English” the language of instruction will be English as a rule.

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/>



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.

5600	Effiziente Algorithmen Efficient Algorithms	PN 455366
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	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 wei-	

	<p>terführende Algorithmen und Datenstrukturen und deren Eigenschaften.</p> <p>—</p> <p>The students acquire a systematic understanding of algorithmic design and analysis principles. They know advanced algorithms and data structures and their properties.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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,</p>

	techniques for handling NP-hard problems are presented.
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>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.</p> <p>Teilleistung 2 (20%): Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein Thema der Algorithmik</p> <p>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p>Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) on an Algorithms subject. To pass the examination, both parts have to be passed.</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation mit Tafel und Beamer Presentation with a projector, blackboard</p>
Literatur Reading list	<p>Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: Introduction to Algorithms Korte, Vygen: Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms</p>

5670	Logik für Informatiker Computational Logic	PN 455357
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	

	<p>wichtige Beweismethoden für logische Fragestellungen.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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 Tableauekalkül 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 Stu-</p>

	<p>dierenden lernen konkrete, anwendungsbezogene Probleme in geeigneten logischen Systemen zu modellieren. Ferner werden die besprochenen Beweissysteme an konkreten Beispielen eingeübt.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
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 Parameterized Algorithms	PN 455413
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 Kon-	

	<p>struktion parametrisierter Algorithmen.</p> <p>—</p> <p>The students know the fundamental notions of parameterized algorithms and complexity. They know several techniques for the design of parameterized algorithms.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Verfahren exemplarisch ausführen, deren Funktionsweise erläutern und sie analysieren.</p> <p>—</p> <p>The students can apply the algorithms presented in the lecture on examples, can explain the way they work and are able to analyze them.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
Inhalt Course content	<p>Grundlagen parametrisierter Komplexitätstheorie, Entwurfstechniken für parametrisierte Algorithmen, z.B. Kernbildung, beschränkte Suchbäume, iterative Kompression, Baumweite und andere Graphparameter sowie untere Schranken.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben</p> <p>Oral exam (about 25 minutes); The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation mit Tafel und Beamer</p> <p>Presentation with a projector, blackboard</p>
Literatur Reading list	<p>M. Cygan, F.V. Fomin, L. Kowalik, D. Lokshtanov, D. Marx, M. Pilipczuk, M. Pilipczuk, S. Saurabh, Parameterized Algorithms, Springer, 2015</p>

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-	

	<p>zung von Energieeffizienz.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>—</p> <p>This course builds on “Computer Networks“ and consolidates students’ knowledge of computer networks and heterogeneous</p>

	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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Studying and modelling of smart grid aspects and the 	

	<p>interaction of individual components</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Knowledge of concepts and methods for grid monitoring, smart grid operation, microgrid management and smart grid (co-)simulation <p><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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u> Self-awareness of the suitability of measures, techniques and methods for smart grid control, monitoring and management.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p> <p>A portfolio examination may contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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

	<p>presentation techniques, e.g. PowerPoint, Live-Coding, Whiteboard, Flipchart</p> <p>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.</p>
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 xxxxxx
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>	

	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>The students are able to model practical problems as optimization problems and to select the right solution Methodology including algorithms for nonlinear optimization problems.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Modellierung von Optimierungsproblemen, Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität, Numerische Verfahren für nichtlineare Optimierungsprobleme</p> <p>—</p> <p>Modelling of optimization problems, linear optimization, simplex method, nonlinear optimization, KKT theorems, duality, numerical methods for nonlinear problems</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>2 Teileleistungen:</p> <p>Teilleistung 1 (80%): 120 minütige Klausur über die Gebiete oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); Lineare Optimierung, Simplex-Verfahren, Nichtlineare Optimierung, KKT Theoreme, Dualität.</p> <p>Teilleistung 2 (20%): 30 minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 15 Minuten); Numerische Verfahren für nichtlineare Probleme.</p> <p>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teileleistungen bestanden werden.</p> <p>Examination in two parts:</p>

	<p>Part 1 (80%): Exam (120 minutes) or oral exam (ca. 30 minutes); Linear and nonlinear optimization, simplex method, KKT theorems, duality.</p> <p>Part 2 (20%): Exam (30 minutes) or oral exam (ca. 15 minutes); Numerical algorithms for nonlinear problems.</p> <p>For passing the modul, both parts need to be passed.</p>
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.	

	<p><u>Fähigkeiten / Abilities</u> Die Studierenden können Verfahren der Lerntheorie bewerten, selbständig evaluieren, auf praktische Fragestellungen anwenden und einfache Erweiterungen der Verfahren entwickeln.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u> Die Teilnehmer können algorithmische Konzepte der Lerntheorie auf ihre Effizienz und Wirksamkeit beurteilen und eigenständig implementieren.</p> <p>—</p> <p>The students are able to assess algorithmic concepts of learning theory with respect to performance and efficacy and to implement the concepts independently.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Grundlegende Fragestellungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entscheidungsprobleme ▪ Klassifizierungsproblem <p>Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neuronale Netzwerke ▪ Support Vector Machines <p>Grundlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagen der nichtlinearen Optimierung ▪ Numerische Fragestellungen ▪ Approximationstheoretische Methoden ▪ Bezüge zur Statistik ▪ Reproduzierende Kerne <p>—</p> <p>Basic problems:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Decision problems ▪ Classification problems <p>Methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (Artificial) neural networks ▪ Support Vector Machines <p>Basics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduction to nonlinear optimization ▪ Numerical problems ▪ Methods from approximation theory ▪ Connections with statistics ▪ Reproducing Kernels
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>90minütige Abschlussklausur oder ca. 30 Minuten mündliche Prüfung (wird am Anfang der Veranstaltung mitgeteilt)</p>

	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	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	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				

	<p>Techniken, um lineare Funktionale und Operatoren in topologischen Vektorräumen, insbesondere Banach- und Hilbert-Räumen, zu analysieren.</p> <p>—</p> <p>Students know the basic theoretical techniques to analyze linear functionals and operators in topological vector spaces, in particular Banach and Hilbert spaces.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der Funktionalanalysis bei konkreten Fragestellungen zu aktuellen Themen der Mathematik und der Naturwissenschaften anzuwenden.</p> <p>—</p> <p>Students are able to apply the methods of functional analysis to specific, topical problems in mathematics and the natural sciences.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Topologische Vektorräume ▪ Vollständigkeit, der Satz von Baire und seine Konsequenzen ▪ Konvexität und Hahn-Banach-Sätze ▪ Banach- und Hilbert-Räume, Dualität ▪ Schwach und Schwach-*-Konvergenz ▪ Spektralsatz für kompakte selbstadjungierte Operatoren <p>—</p> <p>The following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Topological vector spaces ▪ Completeness; the Baire Theorem and its consequences ▪ Convexity and Hahn-Banach Theorems ▪ Banach and Hilbert spaces; duality ▪ Weak and weak-*-convergence ▪ Spectral theorem for compact self-adjoint operators
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>20-minute individual oral examination or 90-minute written examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Tafel, Beamer, Übungsblätter Board, projector, exercise sheets</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>W. Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991. M. Reed/B. Simon, Functional Analysis, Academic Press, 1972.</p>

D. Werner: Funktionalanalysis, Springer, 2007.
F. Hirzebruch, W. Scharlau: Einführung in die Funktionalanalysis, BI-Hochschulbücher, 1991.

5771	Multimedia-Datenbanken Multimedia Databases	PN 405031
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 Multimediaverarbeitung und der Extraktion von beschrei-	

	<p>benden Multimediaeigenschaften sowie Ähnlichkeitsvergleich von multimedialen Medien und den Aufbau von Multimedia-Datenbankmanagementsystemen und der Programmierung von Multimedia-Datenbanken.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>Die Studierenden haben die Fähigkeit zur praktischen Spezifikation von Multimediaanfragen, Umsetzung und Optimierung von Multimediaanfragen und zum Einsatz von Multimedia-standards.</p> <p>—</p> <p>Students will acquire the ability to perform practical specification of multimedia requests, implementation and optimization of multimedia queries and the use of multimedia standards.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Neue Medienstandards (hier vor allem von MPEG - MPEG-4 AVC oder von MPEG abgeleitet divX, mp3) und immer bessere Aufnahmegröße 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 Teil-</p>

le 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 fea-

	<p>tures such as texture, edges, extraction of features, retrieval systems and demos of multimedia data modeling (in XML: MPEG -7)</p> <p>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</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>90 minütige schriftliche Klausur 90-minute written examination</p>
Medienformen Media used	<p>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</p> <p>Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Übungsaufgaben, selbständiges Studium von sekundärer Literatur</p> <p>Folienskript ist vorhanden und über Stud.IP zugänglich.</p> <p>—</p> <p>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</p> <p>Expected activities of students: Participation in compulsory and voluntary tutorials, independent study of secondary literature</p> <p>Slide script is accessible and available through Stud.IP</p>
Literatur Reading list	<p>Harald Kosch: "Distributed Multimedia Database Technologies supported by MPEG-7 and MPEG-21", CRC Press, November 2003, ISBN 0-8493-1854-8</p> <p>Klaus Meyer-W egener: „Multimediale Datenbanken- Einsatz von Datenbanktechnik in Multimedia-Systemen“, 2. Auflage 2004, Teubner Verlag, ISBN 3-519-12419-X.</p>

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 Informations-	

systemen. Sie kennen auch die rechtlichen Grundlagen des Datenschutzes 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 pro-

	<p>tection, in particular methods of anonymization, pseudonymization 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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>1. Grundlagen von Privacy-Preservation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtliche Grundlagen in Europa (GDPR) ▪ Anonymität und Privatheit ▪ Grundlagen der Datenhaltung in Informationssystemen ▪ Privacy-Preserving Methoden (Anonymisierung, Privacy Modelle) ▪ Tradeoff zwischen Privacy und Utility <p>2. Anwendungsfälle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Medizinische Forschungsdaten <ul style="list-style-type: none"> – Hippocratic Datenbanken und Purpose-based Access Control – Pseudonymisierung ▪ Data Warehouse <ul style="list-style-type: none"> – Anonymisierungsstrategien – Anfrage-basierte Anonymisierung ▪ Soziale Netzwerke <ul style="list-style-type: none"> – Datenschutzerfordernungen an Soziale Netzwerke – Privacy-Preservation für Graph-Daten <hr/> <p>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.</p> <p>1. Basics of privacy preservation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Legal basis in Europe (GDPR) ▪ Anonymity and privacy ▪ Basics of data management in information systems

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Privacy-preserving methods (anonymization, privacy models) ▪ Tradeoff between privacy and utility <p>2. Use Cases</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Medical research data <ul style="list-style-type: none"> – Hippocratic databases and purpose-based access control – Pseudonymization ▪ Data warehouse <ul style="list-style-type: none"> – Anonymization strategies – Query-based anonymization ▪ Social networks <ul style="list-style-type: none"> – Data protection requirements for social networks – Privacy preservation for graph data
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>90-minute written or 20-minutes oral examination; the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation mit Projektor Presentation with projector</p>
Literatur Reading list	<p>Die Literatur wird vom Dozenten zu Beginn der Vorlesung bekanntgegeben.</p> <p>The literature will be announced by the lecturer at the beginning of the lecture.</p>

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	<p>3V + 2Ü</p> <p>Für die Vorlesung und die Übung im Rahmen der Lehrveranstaltung besteht Anwesenheitspflicht.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>	

	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.

	<p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Bei der Bearbeitung des vorlesungsbegleitenden Projekts werden folgende Engineering-Aktivitäten für die 1.) Infrastrukturkomponenten bzw. für die 2.) mobile Anwendung abgedeckt:</p> <p>1. Analyse</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>2. Entwurf</p>

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-

	<p>nis jedes Arbeitspakets wird durch einen kurzen Bericht dokumentiert, ggf. begleitet von Software. Aus dem Bericht sind auch Aufwandsabweichungen und Korrekturen vorangegangener Arbeitspakete ersichtlich.</p> <p>Jedes Arbeitspaket schließt mit einem Kurzvortrag in der nächsten Einheit ab. Die Teams werden durch ein festes wöchentliches Treffen mit dem Betreuer unterstützt.</p> <p>Die Lehrveranstaltung schließt mit einem Abschlusskolloquium ab, in dem das fertig entwickelte System präsentiert und abgenommen wird.</p>
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 Stochastic Simulation	PN 451017
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 Simu-	

	<p>lation, ihrer Eigenschaften und typischer Anwendungen.</p> <p>—</p> <p>Knowledge of basic algorithms of stochastic simulation, their properties and typical applications</p> <p>Fähigkeiten / Abilities</p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>Das Verfahren der direkten Simulation, Simulation von Verteilungen, Methoden der Varianzreduktion, Markov Chain Monte Carlo-Methode, Numerische Integration</p> <p>—</p> <p>Direct Simulation, Simulation of Distributions, Variance reduction, Markov Chain Monte Carlo, Numerical integration</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>Zwei Teilleistungen:</p> <p>Teilleistung 1 (80%):</p> <p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>Teilleistung 2 (20%):</p> <p>Vortrag (ca 15 Minuten) über ein Thema der Stochastische Simulation.</p> <p>Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden.</p> <p>—</p> <p>Examination in two parts</p> <p>Part 1 (80%):</p> <p>90-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p> <p>Part 2 (20%):</p> <p>Oral presentation of about 15 minutes on a subject from Stochastic Simulation</p> <p>To pass the examination both parts have to be passed.</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Overhead, Beamer, Tafel</p> <p>Slides, projector, blackboard</p>

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 Advanced IT Security	PN 405390
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 Betriebsys-	

teme, Kommunikations- und IT-Sicherheit, insb. kryptografische 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

	<p>mischen Umsetzung durchführen.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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; IP-Sec; TLS/SSL; Einführung in PKI; Zertifikate; Schlüsselgenerierung; Certificate authorities; Certificate revocation und CA Hierarchie.</p> <p>—</p> <p>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, IP-SEC, 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</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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</p>

	<p>bekannt gegeben</p> <p>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</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation und Beamer, Tafel</p> <p>Presentation and projector, blackboard</p>
Literatur Reading list	<p>H.-P. Gumm, M. Sommer: „Einführung in die Informatik“, 5. Auflage Oldenbourg-Verlag, München, 2002</p> <p>Dieter Gollmann: Computer Security, John Wiley, 1999</p> <p>W. Stallings: Cryptography and Network Security, Pearson, 2003</p> <p>Niemi and Nyberg: UMTS Security, John Wiley, 2003</p>

5843	Software-Analyse Software Analysis	PN 455368
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	

	<p>Sourcecode-Analyse, dynamische Methoden der Laufzeitanalyse, Bytecodeinstrumentierung, Testmethoden, automatisierte Debugging- und Testmethoden, Fehlervorhersage, sowie automatisierte Korrektheitsbeweise.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control- and Dataflow Analysis ▪ Code Clone Detection ▪ Slicing ▪ Fault localisation ▪ Fuzzing ▪ Defect prediction ▪ Abstract Interpretation ▪ Symbolic Execution ▪ Software model checking ▪ Program repair ▪ Reverse engineering

<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Präsentation, Beamer, Übungsblätter Presentation, projector, exercises</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>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.</p>

5844	Advanced Software Product Development	PN 455376
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	60 Std. Präsenz + 180 Std. Vor- und Nachbearbeitung des Praktikums 60 contact hours + 180 hours independent study	
ECTS Credits	8	
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. —	

	<p>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.</p> <p><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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anforderungsanalyse mit User Stories ▪ Agile Entwicklung mit Scrum/Kanban/Scrumban ▪ Test Driven Development ▪ UX Design ▪ Marketing ▪ Rechtliche Aspekte (Copyright, Lizenzen, etc.) ▪ Gründung/StartUp <p>Übergeordnetes und erwünschtes Ergebnis der Arbeiten ist ein potenziell vermarktbare Produkt, d.h. eine Software, die allen</p>

	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Requirements analysis with user stories ▪ Agile development with Scrum/Kanban/Scrumban ▪ Test driven development ▪ UX design ▪ Marketing ▪ Legal aspects (copyright, license, etc.) ▪ StartUp <p>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.</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>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</p> <p>Die genauen Anforderungen werden vom Dozierenden zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.</p> <p>—</p> <p>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-</p>

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

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 programmieretechnisch 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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p> <p>90-minute exam or portfolio-exam. The exact mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation, Beamer, Übungsblätter</p> <p>Presentation, projector, exercises</p>
Literatur Reading list	<p>Wird vom Dozenten / von der Dozentin bekanntgegeben. Die Literatur wird in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung ausgewählt und bekanntgegeben.</p> <p>Will be announced in the lectures. Further reading will be announced for the individual assignments.</p>

5874	IT-Sicherheitsrecht IT Security Law	PN 222431
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 Rege-	

	<p>lungen) sowie des Themenkomplexes IT-Sicherheitsrecht insgesamt 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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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).</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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 Verschuldentypen, auslegungsbedürftige Tatbestandmerkmale, Ermessen oder Formen des Verwaltungshandeln) eingeführt.</p> <p>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</p>

	<p>der Veranstaltung.</p> <p>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) Regulieransätze der öffentlichen Hand.</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>90 Minuten Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung, je nach Anzahl der Hörer. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>Written exam (90 minutes) or oral exam (about 20 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation und Beamer</p> <p>Presentation and projector</p>
Literatur Reading list	<p>Köhler/Fetzer - Recht des Internet (Start ins Rechtsgebiet), 2016</p> <p>Voigt, IT-Sicherheitsrecht, 2018</p> <p>Kühling/Klar, Datenschutzrecht (Start ins Rechtsgebiet), 2018</p> <p>Hornung/Schallbruch (Hrsg.), IT-Sicherheitsrecht, 2020</p> <p>Weitere Hinweise in der Vorlesung</p>

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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Basic Graph Theory (Undirected/Directed/Bipartite 	

	<p>Graphs, Connectivity, Graph Traversal)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>In particular, the following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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)
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>90-minute written or 20-minute oral examination. The mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Beamer, Tafel Blackboard, projector</p>

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.	

	<p><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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u> Students acquire the skills to analyze massive, web-based data sets and extract interesting patterns.</p>
Inhalt Course content	<p>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.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. <p>Finally, the results will be reported in a technical report.</p>
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-	

	<p>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).</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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)</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Tafel, Beamer, Rechner Blackboard, projector, calculator</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics.</p>

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	

	<p>particular algorithms and application areas (with focus web-based information systems).</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>The following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben</p> <p>90-minute examination or 20-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Tafel, Beamer</p> <p>Blackboard, projector</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Own Lecture Notes and selected publications. Literature will be announced depending on the concrete topics.</p>

5951	Theory of Randomised Search Heuristics	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, <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Effizienz randomisierter Suchheuristiken mit entspre- chenden Analysemethoden zu analysieren, ▪ die Funktionsweise randomisierter Suchheuristiken zu 	

	<p>verstehen und ihre Stärken und Schwächen zu kennen,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ den Effekt algorithmischer Design-Entscheidungen und Parameterwahlen auf die Performanz randomisierter Suchheuristiken zu verstehen, ▪ fundierte Design-Entscheidungen bei der Anwendung randomisierter Suchheuristiken zu treffen und ▪ die Effizienz randomisierter Suchheuristiken auf anschaulichen Problemen zu beschreiben. <p>—</p> <p>At the end of the course students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ analyse the efficiency of randomised search heuristics using appropriate analytical methods ▪ understand the working principles of randomised search heuristics along with their strengths and weaknesses, ▪ appreciate the effect of design choices and parameters on the performance of randomised search heuristics, ▪ make informed design choices when using randomised search heuristics, and ▪ describe the efficiency of randomised search heuristics on illustrative problems.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Motivation für die Theorie randomisierter Suchheuristiken Methoden zur Analyse randomisierter Suchheuristiken 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 Laufzeitanalysen für Schwarmintelligenz Adaptive Parameter Black-Box-Komplexität</p> <p>—</p> <p>Motivation for a theory of randomised search heuristics Tools for the analysis of randomised search heuristics 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 Runtime analysis for swarm intelligence algorithms Parameter control Black-box complexity</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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 ex-</p>

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

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 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, <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Effizienz randomisierter Algorithmen zu analysieren, 		

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. <p>—</p> <p>At the end of the course students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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)</p> <p>—</p> <p>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)</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p>

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

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	Glück, 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,

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fragestellungen der Naturwissenschaften mithilfe von partiellen Differentialgleichungen (PDGI) zu modellieren. ▪ Techniken für die analytische Lösung von Anfangsrandwertaufgaben für PDGI anzuwenden. ▪ die Wohlgestellttheit von Anfangsrandwertaufgaben für PDGI zu untersuchen. ▪ das asymptotische Verhalten der Lösungen von PDGI zu analysieren. <p>—</p> <p>The students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p>—</p> <p>The following topics will be studied:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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</p>

	<p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Tafelanschrieb, Online Lehre via Zoom Blackboard, online teaching via Zoom</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>L. Evans. Partial Differential Equations, AMS, 2010 W.A. Strauss. Partielle Differentialgleichungen, Vieweg, 1995 C. Cryer. Numerik Partieller Differentialgleichungen (Vorlesungsskript)</p>

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 anwen-

	<p>den lassen. Ferner kennen sie grundlegende Zusammenhänge zwischen symbolischen Systemen, Graphentheorie und der Kodierung und Dekodierung von Daten.</p> <p>—</p> <p>After completion of this course the students know about symbolic dynamical systems and they know 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 the (de-) coding of data.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage Werkzeuge aus verschiedenen Bereichen der Mathematik und theoretischen Informatik zu kombinieren und zur Analyse symbolischer Systeme anzuwenden. Insbesondere können sie symbolische Systeme mit topologischen Methoden untersuchen. Sie können Algorithmen zur Bestimmung von Codes mit vorgegebenen Eigenschaften anwenden.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Folgende Themen werden behandelt: Shift-Räume, Graphen, Codes, Entropie, Perron-Frobenius-Theorie, topologische Markov-Ketten, zelluläre Automaten, Klassifikations- und Entscheidungsprobleme für Eigenschaften dieser Systeme</p> <p>—</p> <p>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</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Beamer-Präsentation, Tafel, Vorlesungsskript, Übungsblätter</p> <p>Presentation with projector, blackboard, lecture notes, exercise sheets</p>

Literatur Reading list	D. Lind, B. Marcus: An Introduction to Symbolic Dynamics and Coding. Cambridge University Press, 1995

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 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 Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathema- tics	
Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden verstehen die Bedeutung von Skalierbarkeit bei der Verarbeitung von großen Datenmengen. Sie verste- hen die Stärken und Grenzen von NoSQL Datenbanksystemen	

	<p>sowie den Zusammenhang zwischen der Architektur und der Leistungsfähigkeit eines Datenbankmanagementsystems.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, für ein konkretes Datenverarbeitungsproblem ein geeignetes NoSQL Datenbankmanagementsystem auszuwählen.</p> <p>—</p> <p>The students are able to map a specific data management problem to a suitable NoSQL database management system.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>Die Studierenden können eigene Optimierungen für Datenmanagementsysteme entwickeln und auch implementieren.</p> <p>—</p> <p>The students have the competence to design their own optimizations for data management systems and implement them.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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). <p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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).
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Teil 1: Individuelles Programmierprojekt „miniHive“ in Python Teil 2: 60 min. schriftliche Klausur Die Punkte für die Gesamtnote errechnet sich 70% aus Teil 1, und zu 30% aus Teil 2.</p> <p>Part 1: Individual Programming project “miniHive” in Python Part 2: 60-minute written examination The points for the final grade are computed as follows: 70% from part 1, 30% from part 2.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Flipped Classroom (Videos im Selbststudium, Vertiefung des Stoffes anhand von Übungsaufgaben im Präsenzstudium), be-</p>

	<p>gleitendes Programmierprojekt (Python) Flipped classroom (videos for self-study, in-class exercises), programming project (Python)</p>
Literatur Reading list	<p>Peter Bailis, Joseph M. Hellerstein, Michael Stonebraker, (editors), Readings in Database Systems, 5 th edition. Anand Rajaraman, Jeffrey Ullman: Mining of Massive Datasets, 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.</p>

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 Prü- fungsordnung 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 Termi- ni Repeatability, Reproducibility und Replicability in Daten- analysen. Die Studierenden erkennen typische Schwächen und	

	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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).</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p> <p>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.</p>
Medienformen Media used	<p>On-site lectures, enhanced with course videos.</p> <p>On-site lab exercises.</p>
Literatur Reading list	<p>Hadley Wickham, Garret Golemund: R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data, O'Reilly (2017)</p> <p>Victoria Stodden, Friedrich Leisch, and Roger D. Peng (eds): Implementing Reproducible Research, CRC Press (2014)</p> <p>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)</p>

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-	

	<p>te schnell erkannt werden.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>Die Studierenden erwerben die Kompetenzen, einen Textkorpus zu analysieren und interessante Muster zu extrahieren.</p> <p>—</p> <p>The students acquire the skills to analyse a text corpus and extract interesting patterns.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>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.</p> <p>Die folgenden Inhalte werden geboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>90 min Klausur oder ca. 15 min mündliche Prüfung. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>90-minute examination or 15-minute oral examination. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Tafel, Projektor, Rechner</p> <p>Blackboard, projector, computer</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Christopher Manning und Hinrich Schütze. Foundations of Statistical Natural Language Processing</p> <p>Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan and Hinrich Schütze, Introduction to Information Retrieval</p> <p>Eigenes Skriptum / Lecture notes</p>

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+30 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.

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

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	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Die Studierenden kennen fortgeschrittene, moderne Methoden der Bildverarbeitung. — Students know advanced modern methods of image proces-	

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

6020		Mathematische Logik		PN 455362	
		Mathematical Logic			
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering		Unregelmäßig Irregular			
Moduldauer Module duration		1 Semester			
Modulverantwortliche(r) Module convenor		Kaiser			
Dozent(in) Lecturer		Kaiser			
Sprache Language of instruction		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		Algebra Algebra			
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, <ul style="list-style-type: none"> ▪ das Konzept einer formalen Sprache und der Logik 1.Stufe zu verstehen, 			

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zwischen Syntax und Semantik zu unterscheiden, ▪ die Interaktion von Axiomensystemen und Modellbildung nachzuvollziehen ▪ und diese auf algebraische Theorien anzuwenden, ▪ den Gödelschen Unvollständigkeitssatz wiederzugeben ▪ sowie ein Thema der Mathematischen Logik eigenständig darzustellen.
Inhalt Course content	<p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formale Sprachen und Logik 1. Stufe ▪ Gödelscher Vollständigkeitssatz ▪ Einführung in die Modelltheorie ▪ Modeltheorie einiger algebraischer Strukturen ▪ Entscheidbarkeit ▪ Gödelscher Unvollständigkeitssatz
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>Zwei Teilleistungen: Teilleistung 1 (80%): 120-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Teilleistung 2 (20%): Ausarbeitung (bis zu 10 Seiten) über ein zusätzliches Thema der mathematischen Logik. Zum Bestehen des Moduls müssen beide Teilleistungen bestanden werden. Examination in two parts: Part 1 (80%): 120-minute written or oral exam of about 30 minutes. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester. Part 2 (20%): Written work (up to 10 pages) on a subject from Mathematical Logic. To pass the examination both parts have to be passed.</p>
Medienformen Media used	Tafelanschrieb, Overhead, Beamer slides, projector, blackboard
Literatur Reading list	<p>H. Hermes: Einführung in die mathematische Logik. Teubner 1976 W. Hodges: A Shorter Model Theory. Cambridge University Press 2002 Yu. I. Manin: A Course in Mathematical Logic. Springer 1977 Prestel: Einführung in die Mathematische Logik und Modelltheorie. Vieweg 1992 P. Rothmaler: Einführung in die Modelltheorie. Spektrum Aka-</p>

	demischer Verlag 1995
--	-----------------------

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 Prü- fungsordnung 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	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> 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	

	<p>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.</p> <p>Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Strukturen und Formate, in denen Gesundheitsdaten vorliegen können, sowie die zugehörigen rechtlichen Rahmenbedingungen.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Allgemeiner Hintergrund und soziokulturelle Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Historische Entwicklung zu Evidence Based Care ▪ Demokratisierung der Gesundheit/Gesundheitsvorsorge ▪ Risiken und Chancen von Digital Healthcare <p>Gesundheitsdaten (Theorie)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Big Data ▪ Productivity Paradox ▪ Change-Management <p>Gesundheitsdaten (Praxis)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse eines Herz-EKG ▪ Vorverarbeitung (z.B. SAX) ▪ Statistische Auswertung (z.B. Student-T, Chi-Square) ▪ Anomalie-Erkennung ▪ Visualisierung <p>Studien</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. informed consent) ▪ Ethikanträge ▪ Design

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung ▪ Auswertung <p>Sicherheit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Safety vs. Security ▪ Advanced Persistent Threats im medizinischen Sektor ▪ Phishing, Spearphishing, Ransomware ▪ Schutzvorkehrungen (z.B. AES) <p>Elektronische Patientenakten und Privatsphäre</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau einer EPA ▪ Datenquellen (z.B. Smartphones, Tracker, Genetische Datenbanken) ▪ Gefährdung durch Daten (gläserner Patient) <p>Rechtliches</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Digitale-Versorgung-Gesetz ▪ Medizinproduktgesetz ▪ UMDNS, EDMS, GMDN <p>Hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Medical Devices ▪ Zertifizierung von Medizinprodukten <p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwendungsbereiche von Medizinsoftware ▪ Guidelines für Gesundheitsapps ▪ Konzeption einer App <p>Praktische Anwendung der Inhalte in den Präsenzübungen und sowie selbständige Vertiefung durch Bearbeitung der Übungsaufgaben</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten) oder Portfolio-Prüfung; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>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.</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation mit Projektor, Tafelanschrieb, Gruppenarbeit</p> <p>Presentation with a projector, blackboard, working in a group</p>
Literatur Reading list	<p>Wird vom Dozent / von der Dozentin bekannt gegeben</p>

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	<p>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.</p> <p><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.</p> <p><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.</p>
Inhalt Course content	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>90 minutes written or 20 minutes oral exam depending on the number of participants.</p> <p>The students will be informed about the exact type of exam by the beginning of the semester</p>
Medienformen Media used	<p>Präsentation mit Beamer, Whiteboard Presentation with beamer, whiteboard</p>
Literatur Reading list	<p>Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning. MIT press, 2016</p> <p>Aggarwal, Charu C.: Neural networks and deep learning. Springer 10 (2018): 978-3</p> <p>Additional literature will be announced at the beginning of the</p>

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

6062	Introduction to AI Engineering	PN 470013
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	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.	

	<p><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.</p> <p><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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Präsentation mit Beamer, Tafel Presentation with projector, whiteboard</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Russell, S., and P. Norvig. Artificial intelligence-a modern approach, 4th edition (2020)</p> <p>Additional literature will be announced at the beginning of the semester.</p>

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-	

	<p>ticular topic.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Data understanding and exploration ▪ Data Preprocessing ▪ Feature selection and engineering ▪ Model validation ▪ Hyperparameter optimization ▪ Ensembling <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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%.</p> <p>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.</p> <p>Within the team presentations, each participant showcases her/his own personal contribution to the project. Additionally,</p>

	<p>participants declare in written form their individual contributions to the project design, code and report.</p> <p>Details on the assessment including count and length of the presentations will be announced at the beginning of the course.</p>
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	<u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u> Students will get to know about the main aspects of applying machine learning responsibly in sensitive settings, e.g., when working with behavioral data. This covers the problem settings, challenges, and main algorithmic approaches for ex-	

	<p>plainable, fair, privacy-aware, and reliable machine learning.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>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).</p> <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Präsentation und Beamer, Tafel</p> <p>Presentation projector, whiteboard</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Molnar, Christoph: Interpretable machine learning, 2nd edition, 2020. Online book available at https://christophm.</p>

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 482521
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“, Modulgruppe „AIM“ Focus „AEMM“, Focus „AIM“	
Lehrform/SWS Contact hours	3V + 1Ü	
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	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-	

	<p>kovketten (z.B. Slice Sampling Metropolis-Hastings, Hit-and-run). Darüberhinaus erlangen die Studierenden vertiefendes Wissen über Beweistechniken zum Verifizieren der Konvergenz von Markovketten und sind in der Lage diese Methoden anzuwenden.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivation zum approximativen Sampling ▪ Theorie von Markovketten ▪ Verschiedene algorithmische Verfahren (z.B. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-run) ▪ Wasserstein-Abstand ▪ Ergodensätze <p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivation of approximate sampling ▪ Theory of Markov chains ▪ Different algorithmic approaches (e.g. Slice Sampling, Metropolis-Hastings, Hit-and-Run) ▪ Wasserstein distance ▪ Ergodic theorems
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>Either written exam (90 minutes) or oral exam (about 20 minutes); the precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Präsentation mit Tafel und/oder Beamer Presentation with a projector or blackboard</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>R. Douc, E. Moulines, P. Priouret, P. Soulier, Markov Chains, Springer, 2018 A. Klenke, Probability theory: A Comprehensive Course, Springer, 2014</p>

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	

	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Grundkonzepte der statistischen Datenanalyse u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elementare statistische Modelle ▪ Statistische Grundlagen ▪ Grafische Methoden ▪ Deskriptive Größen ▪ Schätzmethoden ▪ EM-Algorithmen und/oder stochastisches Gradientenverfahren ▪ Regression ▪ Hidden Markov Modelle ▪ Bayessche Inferenz <p>—</p> <p>Basic concepts of statistical data analysis, inter alia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elementary statistical models ▪ Statistical objects ▪ Graphical methods ▪ Descriptive quantities ▪ Estimation methods ▪ EM algorithm and/or Stochastic gradient descent ▪ Hidden Markov models ▪ Bayesian inference
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Entweder 90-minütige Klausur oder mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten); die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Präsentation mit Tafel und/oder Beamer und/oder andere virtuelle Formate</p>

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

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“ Modulgruppe „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-	

	<p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>Topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 Sicherheitsland- schaft, die potenziellen Schwachstellen, die damit verbun- den sind, z.B Authentifizierung, Datenintegrität, die Vor- und

	<p>Nachteile verschiedener Prinzipien der Informationssicherheit sowie die Risiken von Sicherheitslücken zu verstehen.</p> <p>—</p> <p>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 and understand the risks of security vulnerabilities.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>Die Studierenden üben ein detailliertes Verständnis industriell relevanter Fragen im Zusammenhang mit Rechnersicherheit und eingebetteter Sicherheit sowie die Fähigkeit, Material präzise und dennoch umfassend zu präsentieren und dieses Material angemessen auf das betreffende Publikum auszurichten.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Dieses Modul bietet eine Einführung in die Rechnersicherheit 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</p>

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
- Hardware Fingerprinting & IC Security

—

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)

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	60 Minuten Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung in englischer Sprache und je nach Anzahl der Hörer; die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Written exam (60 minutes) or oral exam in English (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	<p>J. Gersting. Mathematical Structures for Computer Science. WH Freeman, 7th edition, 2016.</p> <p>R. J. Anderson. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. John Wiley & Sons Inc., 1st edition, 2001.</p> <p>A. J. Menezes, S. A. Vanstone, and P. C. V. Oorschot. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press Inc., 5th edition, 2001.</p> <p>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.</p> <p>UND / AND</p> <p>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.</p>

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 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.

—
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.

Fähigkeiten / Abilities

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit

- komplexe technische Probleme zu erkennen, zu formu-

lieren und zu lösen, indem sie ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und mathematische Prinzipien anwenden,

- wenden ingenieurwissenschaftliches Design an, um Lösungen zu entwickeln, die bestimmte Anforderungen unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren erfüllen,
- effektiv in einem Team zu arbeiten, dessen Mitglieder gemeinsam die Führung übernehmen, ein kooperatives und integratives Umfeld zu schaffen, Ziele festzulegen, Aufgaben zu planen 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 engineering design to produce solutions that meet specified needs with consideration of different factors,
- function effectively on a team whose members together provide leadership, create a collaborative and inclusive environment, establish goals, plan tasks, and meet objectives.

Kompetenzen / Competencies

Die Studierenden

- erwerben Kenntnisse in der Analyse und dem Entwurf von Verfahren für kombinierte und sequentielle Schaltungen,
- lernen, effektiv mit anderen zusammenzuarbeiten,
- 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 über technische Komponenten.

The students

- gain knowledge in analyzing and designing procedures of combinational and sequential circuits,
- learn working effectively with others,
- learn how to use hardware simulation software for testing the designed circuit,
- learn how to write an effective technical report for the assessment,

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gain experience on using online resources to obtain current literature on engineering components.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Diese Übung behandelt die Konzepte, Prinzipien und Techniken des Entwurfs und der Implementierung digitaler Systeme. Der Kurs lehrt die Grundlagen digitaler Systeme unter 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.</p> <p>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.</p> <p>Das Modul beinhaltet die Themen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 ▪ Andere Beispielschaltungen auf FPGA <hr/> <p>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.</p>

	<p>The aim of the course is to introduce to the students the topics that include combinational and sequential circuit analysis 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.</p> <p>The module includes the topics</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 ▪ 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	<p>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.</p>

6100 Maschinelles Lernen, Regelung und Optimierung PN 455398	
Machine Learning, Control and Optimization	
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular
Moduldauer Module duration	1 Semester
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Schönlein, Wirth
Dozent(in) Lecturer	Schönlein, 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 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

<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p><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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Datenkompression, Hauptkomponenten-Analyse, Gruppierung, Lloyd Algorithmus, Support-Vector Machines, Kern-Trick, Eigensystem-Realisierungsalgorithmus. Beobachter-Kalman Filter Identifikation. Zusammenhang zwischen Systemidentifikation und dem Koopman Operatortheorie. Datenbasierte Regelung, linear-quadratische optimale Steuerung, Dateninformativität, Semi-Definite Programme, stochastische Gradientenverfahren</p> <p>—</p> <p>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 regu-</p>

	lator 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.

6101		Komplexe Dynamische Netzwerke	PN 471515
Complex Dynamic Networks			
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular		
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 Prü- fungsordnung Required prerequisites as per the study and examination regulations	Keine None		
Empfohlene Vorkenntnisse Recommended skills	Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Gewöhnliche Differential- gleichungen Analysis I+II, Linear Algebra I+II, Ordinary Differential Equa- tions		
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 Grundlagen der mathematischen		

	<p>Modellierung komplexer Systeme wie kausale Loop Diagramme. 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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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</p> <p>—</p> <p>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</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>

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

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

	<p>der großen Abweichungen kennen.</p> <p>—</p> <p>Students obtain a deeper understanding of classical limit theorems in probability and learn the fundamental concepts and methods of large deviations theory.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte und Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie, speziell der Theorie der großen Abweichungen, bei konkreten Fragestellungen anzuwenden.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>Das Modul beinhaltet Elemente aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kolmogorovs L1-Version des SGGZ ▪ Lindebergs Zentraler Grenzwertsatz ▪ Lindeberg Methode ▪ Legendre Transformation ▪ Kumulantenerzeugende Funktion ▪ Satz von Cramér

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Satz von Cramér (heavy tails Version) ▪ Prinzipien großer Abweichungen ▪ Kontraktionsprinzip ▪ Varadhans Variationslemma ▪ Satz von Sanov ▪ Anwendungen in Funktionalanalysis, theoretischer Informatik <p>—</p> <p>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.</p> <p>The module covers elements from:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
--	---

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	

	<p>me definieren, eine geeignete Architektur auswählen, 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.</p> <p>—</p> <p>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 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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Dieses Modul behandelt die Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p>—</p> <p>This module covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Portfolio:</p> <p>Bearbeitung eines Semesterprojekts, nachgewiesen durch eine ca. 10-minütiges Kolloquium mit Präsentation der eigenen Konzepte und Ergebnisse eines Teilaspektes des Projektes. 90-minütige Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung jeweils in deutscher oder englischer Sprache und je nach Anzahl der Hörer. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p>

	<p>Portfolio: Project, assessed in a presentation (approx. 10 min) of the concepts and the results regarding one aspect of the project. 90-minute written examination or approx. 20-minutes oral examination; depending on the number of listeners, in German or English. The exact mode of assessment will be indicated at the beginning of the semester.</p>
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	<p>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 gelehrteten Methoden erlernt wird, insbesondere was den Umgang mit Kunden angeht.</p> <p>In this lecture's exercises, participants' attendance is mandatory.</p> <p>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</p>	

	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	<p><u>Kenntnisse / Skills/Knowledge</u></p> <p>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.</p> <p>—</p> <p>The students can define the terms requirement and requirements 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.</p>

	<p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Portfolio bestehend aus: Bearbeitung eines Semesterprojekts, nachgewiesen durch ein ca. 10-minütiges Kolloquium mit Präsentation der eigenen Projektergebnisse am Semesterende. 90 Minuten Klausur oder ca. 20 Minuten mündliche Prüfung jeweils in deutscher oder englischer Sprache. Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>Portfolio examination including: Implementation of a semester project completed with a presentation of approximately 10 minutes' duration featuring a demonstration of results at the end of the semester. A 90-minute written or oral examination of approximately 20 minutes' duration conducted either in German or English. The form of assessment is announced at the beginning of the semester.</p>

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

6140	Exemplary and Effective Programming	PN 413152
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Unregelmäßig Irregular	
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	4 SWS	
Arbeitsaufwand Workload	56 hours' lectures & project meetings; 124 hours' study & project work. <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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).	

	<p>Basic algebra: finite fields, polynomial rings. Recommended: basic algebra & number theory, computer algebra. Not required: numerical analysis.</p>
<p>Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses</p>	<p>Bachelor Mathematik, Master Informatik, Master Computational Mathematics Bachelor Mathematics, Master Computer Science, Master Computational Mathematics</p>
<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p><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++).</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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”) <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Team membership: effective inter-communication. ▪ Effective interface/API design (esp. ease of use). ▪ Effective development (and debugging).

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p> <p>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. "\classesin C++). Masters only: where and how to "\optimizean implementation (incl. using specific profiling tools).</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>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.</p> <p>Deliver (electronic copy) source code of implementation & test suite.</p> <p>Deliver (electronic copy) documentation: both for users and for maintainers; helpful examples.</p>
Medienformen Media used	-
Literatur Reading list	<p>Kreuzer & Robbiano Computational Commutative Algebra (vols 1, 2)</p> <p>H. Cohen A Course in Computational Algebraic Number Theory</p> <p>V. Shoup A Computational Introduction to Number Theory and Algebra www.shoup.net</p> <p>S. Meyers Effective C++ (book series)</p>

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, 90+90 Eigenarbeitszeit 60+30 contact hours, 90+90 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 I, Mathematische Logik Theoretical Computer Science I, 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	<p>Die Vorlesung ist eine Einführung in das P versus NP Problem und die es umgebende Theorie. Die Studierenden lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ algorithmische Ressourcen wie Laufzeit, Speicherplatz, Nichtdeterminismus, Alternierung oder Randomisierung von Algorithmen abzuschätzen. ▪ die inherente Komplexität gegebener Berechnungspro- 	

	<p>bleme zu erkennen und via zentraler Komplexitätsklassen zu klassifizieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ theoretische Resultate zur Struktur dieser Komplexitätsklassen. <p>The course offers an introduction to the P versus NP problem and its surrounding theory. Students learn</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ to estimate algorithmic resources like running time, memory, nondeterminism, alternation or randomness of algorithms. ▪ classify computational problems according to their inherent complexity and via complexity classes. ▪ theoretical results concerning the structure of these complexity classes.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Turingmaschinen (Hilbert, Gödel, Turing), Zeit (P, Zeit-hierarchie, Schaltkreisfamilien), Nichtdeterminismus (NP, nichtdeterministische Zeithierarchie, Cooks Theorem, NP-Vollständigkeit Beispiele und Theorie, Ladner's Theorem, Levin Optimalität), Platz (L, NL, PSPACE, Savitchs Theorem, Immerman-Szelepcsényi Theorem), Alternierung (coNP, UP, Falltürfunktionen, Polynomialzeithierarchie, Orakel, time-space trade-offs), Schaltkreisgröße (Nichtuniformität, Karp-Lipton Theorem, Shannons Theorem, Hastads Switching Lemma), Randomness (arithmetische Schaltkreise, RP, BPP, polynomial identity testing, Sipser-Gacs Theorem)</p> <p>—</p> <p>Turing machines (Hilbert, Gödel, Turing), Time (P, time hierarchy, circuit families), Nondeterminism (NP, nondeterministic time hierarchy, Cook's Theorem, NP-completeness examples and theory, Ladner's theorem, Levin optimality), Space (L, NL, PSPACE, Savitch's theorem, Immerman-Szelepcsényi theorem), Alternation (coNP, UP, trapdoors, polynomial hierarchy, oracles, time-space trade-offs), Size (non-uniformity, Karp-Lipton theorem, Shannon's theorem, Hastad's switching lemma), Randomness (arithmetical circuits RP, BPP, polynomial identity testing, Sipser-Gacs theorem)</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Je nach Teilnehmerzahl mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten) oder Klausur (120 Minuten). Die genaue Prüfungsart wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.</p> <p>120-minute written or oral exam of about 30 minutes, depending on the number of participants. The precise mode of assessment will be announced at the start of the semester.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Tafel Blackboard</p>

Literatur Reading list	Arora, Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1995.

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-	

	<p>gies.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>90min Klausur</p> <p>90min written exam</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Präsentation mit Beamer, Tafel</p> <p>Presentation with projector, blackboard</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Nach Ansage in der Vorlesung</p> <p>Announced during the lecture</p>

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	3Ü	
Arbeitsaufwand Workload	30 Std. Präsenz + 150 Std. Vor- und Nachbereitung 30 contact hours + 150 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...	

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p>It is intended that the assignment will be worked on in groups of *two students*</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>Portfolio. The following items will be evaluated:</p> <p>Implementation and quality of the software project</p> <p>Presentation of the software project</p> <p>Discussion and defense of the chosen approach</p> <p>Evaluation of oral and written performance in the submission discussion, demonstration of the developed prototype and project documentation.</p>
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

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

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	N.N.	
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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Understanding the relationship and responsibilities of 	

	<p>actors in energy economics for use case analysis</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>In this lecture, we discuss three main parts:</p> <p>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.</p>

	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p> <p>A portfolio examination may contain tasks that relate to a project that uses the smart grid architecture model as basis and may consist of:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Präsentation mit Overheadprojektor, Tafel Presentation on projector, blackboard</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Christian Neureiter. A Domain-Specific, Model Driven Engineering Approach for Systems Engineering in the Smart Grid. November 2017</p> <p>Momoh, James. Smart grid: fundamentals of design and analysis. Vol. 63. John Wiley & Sons, 2012.</p> <p>Additional literature will be referenced in the lecture material</p>

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 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 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-	

	<p>ledge graphs, the principles for achieving data interoperability through ontologies, and advanced technologies for querying the data.</p> <p><u>Fähigkeiten / Abilities</u></p> <p>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.</p> <p><u>Kompetenzen / Competencies</u></p> <p>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.</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>90-minütige Klausur</p> <p>90-minute written examination</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Vorlesungen, Präsentation und Demonstrationen mit Projektor, Tafel, praktisches Seminar, Tool-Demonstrationen über Beamer, Studierende arbeiten an praktischen Übungen an ihren eigenen Geräten</p> <p>Lectures, presentation and demonstrations with a projector, blackboard, practical seminar, demonstrations with a projector, students work on exercises using their own laptops</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>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</p> <p>Bob DuCharme. Learning SPARQL: Querying and Updating with SPARQL 1.1. O'Reilly Media, Inc. 2013</p> <p>Panos Alexopoulos. Semantic Modeling for Data. O'Reilly Media, Inc. 2020</p> <p>Mayank Kejriwal, Craig A. Knoblock, Pedro Szekely. Knowledge Graphs (Adaptive Computation and Machine Learning series). MIT Press. 2021</p>

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.

<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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)</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Power Point Präsentation</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>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</p>

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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ To understand concepts in the analysis of competition 	

Learning outcomes	<p>and strategy.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	<p>Final exam 60 minutes Final exam: 100%</p>
Medienformen Media used	<p>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</p>
Literatur Reading list	<p>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</p>

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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Understanding the concepts in Entrepreneurship and 	

Learning outcomes	<p>their application</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>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.</p> <p>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.</p>
Studien-/Prüfungsleistungen Assessment	Written exam at the end of the course, 60 min (100%).
Medienformen Media used	<p>Interactive lecture</p> <p>Discussion of contents</p> <p>Discussion of case studies</p>
Literatur Reading list	<p>Byers, T.H./Dorf, R. /Nelson, A.J. (2010): Technology Ventures – From Idea to Enterprise, McGraw-Hill</p> <p>Selection of essays, articles, and case-studies</p>

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	

<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Klausur (60 Minuten) Written examination (60 minutes) R-skills are certified via a certificate when the final exam is passed.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>Block course in pc pool</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>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</p>

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.: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Wiederholung der Inhalte einer Einführung in die Ökonometrie. ▪ Tiefere Interpretationen der Kleinst-Quadrate (KQ) Methode und deren statistische Eigenschaften ▪ exakte versus asymptotische Methoden ▪ generalisierte KQ Verfahren ▪ Modellvalidierungs- 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), <i>Econometric Models, Techniques, and Applications</i> , 2A., Prentice-Hall Davidson, R. & J.G. MacKinnon (2004), <i>Econometric Theory and Methods</i> , Oxford Univ. Press Hansen, B. (2017), <i>Econometrics</i> , http://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/ Wooldridge, J. (2013), <i>Introductory Econometrics</i> , 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 Vorlesungsstoffs und Prüfungsvorbereitung 60 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	Fundamentals of Business Analytics, understanding of regression methods and model evaluation (e. g., via Econometric Methods), basic knowledge of R statistical software	
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen 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 principles and methods in statistical learning/machine learning and enable the students to make decisions about the preferred modeling technique in empirical practice. Implementation, interpretation, and critical evaluation of state of the art models	

	from statistical learning/machine learning is facilitated using selected data sets in the statistical software R.
Inhalt 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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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- 	

	<p>arch to solve digital challenges strategically, to develop own digital business models, and to communicate them successfully.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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?</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Additional information:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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/
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Set of slides, group presentation with Q&A part, 60 minutes, 70% of the final grade</p> <p>Detailed description of research, data and methodology (about 20 pages per group), 30% of the final grade</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>–</p>

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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A solid understanding of the core tools and concepts of current digital trends ▪ A sound understanding of central theories of research 	

	<p>in the context of digital trends and the research environment and the theoretical issues discussed in current innovation and entrepreneurial research</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>60-münutige Klausur Written exam, 60 minutes, 100% of the final grade.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>–</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>The slides will be uploaded on StudIP. Further literature will be announced during the first course session.</p>

39734 Advanced Topics in Management Science: Planning of Complex Interacting Systems		PN 266193
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	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 appro-	

	<p>ximation 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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>a) Final exam 100% or b) Final exam 90% + 10% for completing optional assignments during the semester (with reservations)</p>
<p>Medienformen Media used</p>	-
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Bertsekas, D. P., and Tsitsiklis, J. N. (1996). Neuro-Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachussetts. Bertsekas, D. P. Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific: Massachussetts. Bertsekas, D. P. Dynamic Programming and Optimal Control: Approximate Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachussetts. Bertsekas, D. P. Abstract Dynamic Programming. Athena Scientific: Massachussetts. Powell, W. B. Approximate Dynamic Programming. John Wiley and Sons.</p>

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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. <p>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</p>
Verwendbarkeit in weiteren Studiengängen Applicability for other courses	Master Informatik, Master Computational Mathematics Master Computer Science, Master Computational Mathematics

<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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.</p> <p>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).</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Portfolio examination. The final grade may depend, for instance, on:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ The designed algorithm and its critical appreciation. ▪ The implementation of the algorithm. ▪ Computational experiments. ▪ Final presentation, recommendation and managerial insights. <p>The grading scheme is announced in the beginning of the course.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>-</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Recommended literature usually includes recent scientific articles as well as further scientific articles or books relevant for the studied topic.</p>

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	

	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführung in die Programmierung mit Python ▪ Klassische Machine Learning Algorithmen: ▪ Regressionsmodelle: <ul style="list-style-type: none"> – Decision und Regression Trees – Support Vector Machines – Ensemble Learning (Random Forests und Gradient Boosting) – Neural Networks ▪ Text Embedding Methoden: <ul style="list-style-type: none"> – 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 <p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduction in programming with Python ▪ Typical Machine Learning algorithm: ▪ Regression models: <ul style="list-style-type: none"> – Decision und Regression Trees – Support Vector Machines – Ensemble Learning (Random Forests and Gradient Boosting) – Neural Networks

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Text Embedding methods: <ul style="list-style-type: none"> – 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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%</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>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</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>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</p>

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	-	

<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p>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</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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</p> <p>—</p> <p>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</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Klausur: 40% Projektarbeit: 60% Exam: 40% Project: 60%</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>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.</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Reinforcement Learning (2018) – Sutton, R. S., Barto, A. G. MIT Press</p>

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	-	

<p>Angestrebte Lernergebnisse Learning outcomes</p>	<p>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.</p> <p>—</p> <p>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.</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Einführung in die Programmierung mit Python Neuronale Netze (Forward, Recurrent und Convolutional) mit Anwendungen zur</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prognose und Klassifizierung von Finanzdaten ▪ Portfoliokomposition ▪ Identifikation von Besonderheiten bei Finanzdaten (mittels Autoencoder) ▪ Generierung künstlicher Finanzdaten (mittels GANs) <p>Textanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Komprimieren von Texten, Wordfrequencies, Topicmodeling, Word vectors ▪ Sentiment und Klassifizierung von Texten ▪ Textanalyse von Geschäftsberichten, Earning Calls und Finanznachrichten <p>—</p> <p>Introduction in programming with Python Neural networks (Forward, Recurrent and Convolutional) and their usage for</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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) <p>Copy research</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ compromising of texts, wordfrequencies, topicmodelling, word vectors ▪ sentiment and classifying of texts <p>Copy research of business reports, earning calls and financial news</p>
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 PN 472213	
Consequences of Digitalisation for Society	
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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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

	<p>einzelne gesellschaftliche Teilbereiche</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Inhalt Course content</p>	<p>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: —</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>Klausur (60 Minuten) oder Hausarbeit (15 Seiten)</p>
<p>Medienformen Media used</p>	<p>–</p>
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.</p>

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 Dozentinnen bzw. Dozenten des Studiengangs All lecturers of the programme	
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozentinnen bzw. Dozenten des Studiengangs All lecturers of the programme	
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,	

	<p>schriftliche Erörterung, mündliche Ausdrucks- und Präsentationskompetenz</p> <p>—</p> <p>The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture.</p> <p>Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence</p>
<p>Inhalt Course content</p>	<p>Erarbeitung des gestellten Themas anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation</p> <p>—</p> <p>Elaboration of the set topic based on scientific literature, and presentation of the same</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen Assessment</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen Media used</p>	-
<p>Literatur Reading list</p>	<p>Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben Will be announced by the lecturer</p>

Compulsory Seminar		PN 470011
Häufigkeit des Modulangebots Frequency of course offering	Jedes Semester Every semester	
Moduldauer Module duration	1 Semester	
Modulverantwortliche(r) Module convenor	Vorsitzende(r) des Prüfungsausschusses Incumbent Chairperson of the Board of Examiners	
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozentinnen bzw. Dozenten des Studiengangs All lecturers of the programme	
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	

	<p>tionskompetenz</p> <p>—</p> <p>The students learn how to independently incorporate material into the set seminar topic and professionally prepare and present a lecture.</p> <p>Competencies: developing a topic, written discourse, oral expression and presentation competence</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>Erarbeitung des gestellten Themas anhand von wissenschaftlicher Literatur und dessen Präsentation</p> <p>—</p> <p>Elaboration of the set topic based on scientific literature, and presentation of the same</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	-
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben</p> <p>Will be announced by the lecturer</p>

Präsentation der Masterarbeit Artificial Intelligence Engineering PN 478999	
Presentation of the 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	Granitzer (Studiengangverantwortlicher / Programme convenor)
Dozent(in) Lecturer	Alle Dozierenden 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

	<p>Diskussion zu vertreten</p> <p>—</p> <p>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</p>
<p>Inhalt</p> <p>Course content</p>	<p>Darstellung der in der Arbeit erworbenen Erkenntnisse sowie kurze Diskussion</p> <p>—</p> <p>Presentation of the results of his or her thesis and a short discussion</p>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p> <p>Assessment</p>	<p>Präsentation (ca. 20 Minuten bis ca. 45 Minuten); die genaue Prüfungsdauer wird vom Prüfer bzw. der Prüferin vorher bekannt gegeben.</p> <p><i>[Beschluss des Prüfungsausschusses vom 10. Mai 2017]</i></p> <p>Presentation (approx. 20 or 45 minutes); the precise mode of assessment will be announced by the examiner beforehand.</p> <p><i>[Decision of 10 May 2017 by the board of examiners]</i></p>
<p>Medienformen</p> <p>Media used</p>	<p>Beamer, Tafel, Overheadprojektor</p> <p>Projector, blackboard</p>
<p>Literatur</p> <p>Reading list</p>	<p>Wird von der Dozentin bzw. dem Dozenten bekanntgegeben</p> <p>Will be announced by the lecturer</p>

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	Granitzer (Studiengangsverantwortlicher / Programme convenor)
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	Gemäß §20 (1) AStuPO As per § 20 (1) AStuPO

Required prerequisites as per 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	<p><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.</p> <p>—</p> <p>The students learn how to independently acquire a research topic and to work on a relevant topic in computer science 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.</p> <p><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.</p> <p>—</p> <p>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.</p> <p><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.</p>

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