

# Module description

for the degree programme

Master of Science

Artificial Intelligence

(Version of examination regulation: 20211)

# Table of contents

Symbolic artificial intelligence	
Advanced mechanized reasoning in Coq (93169).....	12
Algebraic and logical aspects of automata theory (787141).....	13
Algebra of programming (lecture with practical) (861501).....	14
Artificial intelligence I (894856).....	16
Communication and parallel processes (173107).....	18
Connected mobility and autonomous driving (593320).....	20
Description Logics and Formal Ontologies (806144).....	22
Formal methods of software development (93076).....	24
Introduction to Dependently Typed Programming (IDenT) (44640).....	26
Knowledge representation and processing (93134).....	29
Logic-based knowledge representation for mathematic/technical knowledge (221236).....	30
Logic-based speech representation (675137).....	32
Modal logic (984981).....	34
Monad-based programming (845618).....	36
Practical semantics of programming languages (599478).....	39
Verifikation digitaler Systeme (92280).....	41
Subsymbolic AI/Machine learning	
Advanced deep learning (93873).....	44
Algorithmic Bioinformatics (47678).....	46
Artificial intelligence II (532733).....	48
Biomedical signal analysis (23070).....	50
Computational neurotechnology / Numerical neurotechnology (44200).....	54
Computer vision (713618).....	56
Deep learning (901895).....	58
Interventional medical image processing (44140).....	60
Machine learning for time series (428256).....	62
Medical Image Processing for Diagnostic Applications (44151).....	64
Multimedia security (330467).....	66
Music processing analysis - Lecture and exercise (639119).....	68
Pattern analysis (44120).....	71
Pattern recognition (44130).....	74
Reinforcement learning (93185).....	76
Speech and Language Processing (44455).....	78
Visual computing in medicine (44481).....	80
AI systems and applications	
Advanced design and programming (5-ECTS) (97008).....	85
Advanced programming techniques (lecture and exercises) (465562).....	87
Approximate computing (965820).....	89
Cognitive neuroscience for AI developers (44445).....	91
Computational magnetic resonance imaging (93109).....	93
Computational photography and capture (43386).....	95
Computational visual perception (93173).....	97
Computer architecture (333815).....	99
Computer architecture (798810).....	101
Distributed systems (lecture with extended exercises) (743260).....	103
Embedded systems (604896).....	106
Embedded systems (773774).....	108
Human computer interaction (645618).....	111

Human-robot co-adaptation (47623).....	114
Inertial sensor fusion (92358).....	116
Information visualization (299892).....	119
Intent detection and feedback (47616).....	121
Lecture and advanced tutorial: Middleware - Cloud computing (722831).....	123
Lecture and tutorial: Distributed systems (649073).....	126
Lecture and tutorial: Middleware - Cloud computing (557235).....	129
Modeling, optimization and simulation of energy systems (858896).....	132
Parallel systems (43510).....	133
Parallel systems with extended exercises (740665).....	136
Swarm Intelligence (44500).....	139
Minor subject: Astronomy	
Astronomy (66292).....	142
Integrated course 3 - Quantum field theory and particle physics (66291).....	144
Minor subject: Business Economics	
Business intelligence (57043).....	146
Business studies for engineers (82570).....	147
Digital change management (56210).....	149
Enterprise knowledge management (57290).....	150
Foundations of international management I (53710).....	151
Foundations of linked data (57320).....	152
Innovation and leadership (57053).....	154
Judgment in decision making and evidence-based management (56216).....	156
People analytics – Data science for human resources management (57134).....	158
Process analytics (PA) (54760).....	161
Minor subject: Biology	
Computational biology I (63271).....	163
Ecology and diversity B (62820).....	164
Elective compulsory module computational biology (63270).....	166
General biology I (62921).....	167
General biology II (62922).....	169
Microbiology: practical exercises (62982).....	171
Zoology (62940).....	172
Minor subject: Chemistry	
General and inorganic chemistry with experiments (62065).....	175
General organic chemistry (62963).....	177
Inorganic chemistry (62042).....	178
Minor subject: English Linguistics	
Main module A: Linguistics (76930).....	180
Optional module (Teaching secondary education/Gymnasium): Linguistics (77170)...	182
Minor subject: Geosciences	
Humans in the geological environment I (64910).....	185
Humans in the geological environment II (64915).....	187
Z-Edu-Geo 1 - Earth as a system (64980).....	188
Z-Edu-Geo 2 - Humans in the geoscientific environment (64985).....	189
Minor subject: German Linguistics	
Compulsory elective module: Historical linguistics - language change (35501).....	192
Compulsory elective module: Lexicography and lexicology (35571).....	194
Compulsory elective module: Linguistic norms and variation (German language) (35411).....	196
Grammar and lexicon: Theory and practice (from the perspective of native speakers and German as a foreign language) (35472).....	198
Language variation - language contact - contrastive linguistics (35492).....	200

Specialisation module: Contemporary German/German as a foreign language (77432).....	202
Specialisation module: Language change and variation (77402).....	204
Minor subject: Mathematics	
Algebra (65311).....	207
Algorithmic game theory (65082).....	208
Applied mathematics (65601).....	210
Complex analysis I (65351).....	211
Computational complexity (65092).....	212
Cryptography II (65980).....	214
Discrete optimization I (65917).....	215
Discrete optimization II (65933).....	216
Elementary number theory (65580).....	217
Functional analysis (65110).....	218
Introduction to numerics (65210).....	220
Introduction to statistics and statistical programming (48071).....	222
Linear and combinatorial optimisation (65161).....	224
Mathematical modelling practical (65255).....	225
Mathematical modelling theory (65254).....	226
Nonlinear optimisation (65150).....	228
Numerical aspects of linear and integer programming (407487).....	229
Numerics for engineers I (64620).....	230
Numerics for engineers II (64631).....	231
Optimisation for engineers (44050).....	232
Optimisation for engineers (with laboratory) (44060).....	234
Optimization in industry and economy (65923).....	237
Robust optimization (65175).....	238
Robust optimization II (65918).....	240
Topology (65080).....	241
Minor subject: Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE).	
Advanced upper-limb prosthetics (47679).....	243
AI in medical robotics (93101).....	245
A look inside the human body - gait analysis and simulation (96837).....	247
Biomedical signal analysis (23070).....	249
Cognitive neuroscience for AI developers (44445).....	253
Colloquium: Pattern recognition (655844).....	255
Interfacing the neuromuscular system: Applications for Human/machine interfaces and neurophysiology (44157).....	257
Interpretation and analysis of neural and muscle signals (BioSignalIS) (47671).....	259
Interventional medical image processing (44140).....	262
Medical engineering II (imaging techniques) (95811).....	264
Medical Image Processing for Diagnostic Applications (44151).....	266
Movement Neuroscience: Connections between brain and muscles in humans (47674).....	268
Physiological driven control and design of exoskeletons (NEXO) (47669).....	270
Rehabilitation and assistive robotics (47617).....	272
Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics (47599).....	274
Seminar: Learning and interaction in medical robotics (47597).....	275
Speech technologies for speech pathologies (349413).....	276
Visual computing in medicine (44481).....	277
Minor subject: Philosophy	
Basic course: Practical philosophy (75310).....	282
Basic module: Philosophy (75330).....	283

Introduction to philosophy (75290).....	285
Minor subject: Scandinavian Studies	
Applied module (78389).....	287
Introductory module (78386).....	289
Introductory module (78388).....	290
Minor subject: Chinese Studies	
Modern Chinese 1 (76003).....	293
Modern Chinese 4 (76073).....	294
Module 2: Modern Chinese 2 (76012).....	295
Module 5: Modern Chinese 3 (76052).....	296
Nebenfach Computer Graphics	
Computer graphics (43821).....	298
Geometric modeling (796399).....	301
Neural graphics and inverse rendering (93086).....	303
Physically-based simulation in computer graphics (43385).....	304
Scientific visualization (43722).....	306
Visualization (93175).....	308
Minor subject: Political Science	
Basic module: International relations I (75632).....	311
Basic module: International relations II (75634).....	313
Basic module: Non-European politics I (75642).....	315
Basic module: Non-European politics II (75644).....	317
Basic module Political systems I (75623).....	319
Basic module Political systems II (75624).....	321
Basic module: Political theory and history of ideas I (75612).....	323
Basic module: Political theory and history of ideas II (75614).....	325
Business Economics	
Cost accounting I (74860).....	328
High performance computing as a minor subject	
Advanced programming techniques (lecture and exercises) (465562).....	330
Computer architecture (333815).....	332
High End Simulation in Practice (HESP) (44510).....	334
Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial) (278169).....	335
Simulation and scientific computing 1 (981660).....	337
Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2 (43870).....	339
Electrical engineering	
Analogue electronic systems (96500).....	342
Antennae (96000).....	344
Circuit technology (92660).....	346
Electromagnetic fields I (92520).....	348
Electromagnetic fields II (92530).....	351
Elektromagnetische Verträglichkeit (96580).....	353
Fields and waves in optoelectronic components (V-Fel-Wel) (96313).....	355
Foundations of electrical engineering I (92560).....	357
Foundations of electrical engineering II (92570).....	359
Foundations of electrical engineering III (92580).....	361
Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (96260).....	363
Laboratory: Circuit technology (92640).....	364
Laboratory course: Numerical methods for semiconductor components (92504).....	366
Laboratory course: Photonics/Laser technology 1 (242643).....	367
Laboratory: Foundations of electrical engineering for EECE, ME, BP, CS, math (92620).....	369
Laboratory on microwave technology 1 (95192).....	371

Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	373
Microwave technology (92720).....	375
Numerical methods of electromagnetic fields (92501).....	377
Optical communication systems (92400).....	378
Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten (92610).....	380
Photonics 1 (92390).....	382
Quantum electronics I - Quantum technologies 1 (92531).....	384
Quantum technologies 1 (92351).....	385
Sensor technology (92670).....	386
<b>Robotics and automation</b>	
Control engineering A (Foundations) (92650).....	389
Control engineering B (State-space methods) (97060).....	391
Foundations of electrical engineering III (92580).....	393
Human-centered mechatronics and robotics (92345).....	395
Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	397
Modeling in control engineering (94961).....	399
Nonlinear control systems (92529).....	400
Numerical optimization and model predictive control (92528).....	402
Robotics 1 (92519).....	404
Robotics 2 (92535).....	405
Robot mechanisms and user interfaces (92359).....	407
Sensor technology (92670).....	409
<b>Electrical engineering and drives</b>	
Electrical drives I (96540).....	412
Electrical drives II (96120).....	415
Foundations of electrical engineering I (92560).....	418
Foundations of electrical engineering II (92570).....	420
Fundamentals of electrical energy supply (92542).....	422
High-voltage engineering (96240).....	424
Operating materials and components for electrical energy supply systems (96511)...	426
Operating performance of electrical energy systems (96521).....	428
Planning of power grids (96360).....	430
Power electronics (96630).....	432
Protection and control technology (96420).....	434
Renewable energy systems (96390).....	436
Thermal power plants (96480).....	437
<b>Information Technology</b>	
Communication networks (92290).....	440
Communications electronics 1 (92730).....	442
Digital communications (93510).....	445
Digital signal processing (93500).....	447
Image and video compression (96310).....	449
Image, video and multidimensional signal processing (96312).....	452
Information theory and coding (93601).....	455
Microwave technology (92720).....	458
MIMO communication systems (96300).....	460
Mobile communications (43141).....	462
Molecular communications (454183).....	464
Music processing analysis - Lecture and exercise (639119).....	466
Signals and systems 1 (92681).....	469
Signals and systems 2 (92682).....	471
Statistical signal processing (96430).....	473
<b>Microelectronics</b>	

Analogue electronic systems (96500).....	477
Basics of optoelectronic components (92502).....	479
Circuit technology (92660).....	480
Communication structures (96801).....	482
Design and characterisation of high speed digital circuits (96180).....	484
Design of integrated circuits I (96590).....	487
Design of integrated circuits II (96600).....	489
Digitale elektronische Systeme (96090).....	491
Laboratory course: Embedded microcontroller systems (PEMSY) (97530).....	493
Multiphysics systems and components (96841).....	496
Quantum electronics I - Quantum technologies 1 (92531).....	498
Quantum technologies 1 (92351).....	499
Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (96410).....	500
Semiconductor devices (92590).....	502
Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I) (92521).....	504
Semiconductor technology I - Integrated circuit technology (HLT I) (92513).....	506
Transceiver system design (96621).....	508
<b>Power electronics</b>	
Circuit technology (92660).....	511
Control engineering A (Foundations) (92650).....	513
Control engineering B (State-space methods) (97060).....	515
Digital control (97360).....	517
Elektromagnetische Verträglichkeit (96580).....	519
High-power converters in electrical power (96230).....	521
Power electronics (96630).....	523
Pulse-controlled converters for electrical drives (96370).....	525
Schaltnetzteile (96670).....	527
Semiconductor devices (92590).....	529
Semiconductor technology III - Power semiconductor components (HL III) (92523)....	531
Thermal management in power electronics (96680).....	533
<b>Foundations of Product Development</b>	
Engineering drawing (94591).....	535
Foundations of product development (94711).....	539
Technical product design (97110).....	544
<b>Manufacturing automation and production engineering</b>	
Industrial handling and assembly technology (97121).....	550
Production engineering I+II (94570).....	552
Production systems (97101).....	555
<b>Applied Mechanics</b>	
Dynamics of rigid bodies (94500).....	557
Statics and mechanics of materials (94660).....	558
<b>Quality management and manufacturing metrology</b>	
Fundamentals of metrology (94510).....	562
<b>Specialization: Healthcare Information Systems</b>	
Clinical data science (22991).....	572
eHealth (742026).....	574
Informationssysteme im Gesundheitswesen (22910).....	576
Introduction to medical informatics (93300).....	578
IT, service, safety and risk management in hospitals (22980).....	580
Machine learning in clinical bioinformatics (92270).....	582
<b>Specialization: Physiology</b>	
Biosignal processing (22860).....	585
Introduction to medical informatics (93300).....	586

Specialization: Image processing	
Biomedical signal analysis (23070).....	589
Computational magnetic resonance imaging (93109).....	593
Computer architectures for medical applications (44145).....	595
CT Reconstruction (46820).....	597
Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (741318).....	598
Interventional medical image processing (44140).....	600
Interventional medical image processing with exercises (43760).....	602
Introduction to medical informatics (93300).....	603
Medical physics in nuclear medicine (355271).....	605
Visual computing in medicine (44481).....	607
Specialization Biometrics	
Introduction to medical informatics (93300).....	612
Computer-integrated production	
Automotive engineering (95340).....	615
Engineering fundamentals for resource-efficient and smart living (94940).....	617
Fundamentals of robotics (94951).....	619
Industry 4.0 - Application scenarios in production and service (94946).....	621
International supply chain management (94920).....	623
Machine tools as a mechatronic system (95270).....	625
Production systems (97101).....	627
Robotics frameworks (92880).....	628
Robotics and automation as a minor subject	
Human-centered mechatronics and robotics (92345).....	631
Mechatronic components and systems (MCS) (92347).....	633
Numerical optimization and model predictive control (92528).....	635
Robotics 1 (92519).....	637
Robotics 2 (92535).....	638
Robot mechanisms and user interfaces (92359).....	640
Sensor technology (92670).....	642
Symbolic artificial intelligence	
AI-1 Systems project (93116).....	645
Project for artificial intelligence (851420).....	646
Subsymbolic AI/Machine learning	
AI-2 Systems project (93117).....	648
Innovation lab for wearable and ubiquitous computing (615628).....	649
Master project data management (377432).....	652
Project: Biomedical image analysis (47602).....	654
Project: Intraoperative imaging and machine learning (93093).....	656
Project machine learning and data analytics (924553).....	658
Project: Pattern recognition (628205).....	660
Project: Representation learning (93112).....	662
AI systems and applications	
AI project: Computational visual perception (44670).....	665
Applied software engineering Master's project (93141).....	666
Computational imaging project (43932).....	667
Computer architectures for deep-learning applications (93111).....	668
Fabrication Project (93190).....	670
Hands on rehabilitation and assistive robotics (HandsOnRAR) (93103).....	672
Interactive visualization project (93161).....	674
Project: Biomedical network science (47676).....	676
Project digital reality (43387).....	677
Project music and audio processing (93164).....	678



Project: Neurotechnology (47629).....	679
Research project on intelligent sensorimotor systems (47687).....	681
Selected projects in computer graphics (GraPro) (44642).....	683
The AMOS Project (SD Role, Proj 10 ECTS) (93142).....	684
Advanced seminar	
Advanced machine learning for anomaly detection (47685).....	687
Advanced simulation technology (661589).....	689
Applied neural engineering: Brain and spine neurosurgery and human/machine interfaces (47672).....	690
Automatons over infinite words (93126).....	692
Big Data seminar (93138).....	694
Blender seminar (921878).....	695
Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data (47613)....	697
Ethics and Philosophy of AI (47601).....	699
Fantastic datasets and where to find them (93174).....	700
Green AI - AI for sustainability and sustainability of AI (47614).....	702
Knowledge representation and -processing (635405).....	704
Legged locomotion of robots (LLR) (47656).....	706
Machine learning [5 ECTS] (358246).....	707
Nailing your thesis (VUE 5-ECTS) (304439).....	710
Network medicine (47673).....	712
Neuartige Rechnerarchitekturen (941318).....	713
Seminar: Advanced algorithms in medical image processing (47643).....	715
Seminar: Advanced deep learning (47642).....	716
Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics (47599).....	717
Seminar: Coalgebraic logic (95790).....	718
Seminar: Computer vision (93154).....	721
Seminar deep learning (514944).....	722
Seminar: Digital pathology and deep learning (47658).....	723
Seminar: Humans in the loop: The design of interactive AI systems (93113).....	725
Seminar: Inverse rendering (43388).....	728
Seminar machine learning and data analytics for industry 4.0 (903776).....	730
Seminar: Machine learning in MRI (47619).....	732
Seminar multi-core architecture and programming (588895).....	733
Seminar: Neuroscience-inspired artificial intelligence (93202).....	735
Seminar: Visual computing (96970).....	737
Themen der Kategorientheorie (819238).....	739
Theoretical computer science (seminar) (863761).....	741
Tracking Olympiad (47612).....	742
Minor subject: French studies	
Basic module: French language practice 1 (72213).....	745
Basic module: French language practice 2 (72224).....	747
Basic module: Introduction to French linguistics (72204).....	749
Introduction to French literary studies (72203).....	751
Minor subject: Hispanic studies	
Basic module: Spanish linguistics (72633).....	754
Basic module: Spanish literature (72634).....	755
Spanish language practice 1 (72372).....	756
Minor subject: Italian studies	
Italian language practice 1 (72292).....	759
Italian language studies (72623).....	761
Italian literary studies (72624).....	763
Quality management and metrology for computer science as a minor subject	

Advanced seminar Manufacturing metrology (607629).....	766
Computer-aided metrology (96930).....	768
Manufacturing metrology I (97247).....	773
Manufacturing metrology II (96925).....	783
Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement (QM II) (23030).....	788
Process and temperature metrology (97248).....	790
Quality management I - Quality engineering in the product development process (95940).....	794

# Symbolic artificial intelligence

1	<b>Module name</b> 93169	<b>Advanced Mechanized Reasoning in Coq</b> Advanced mechanized reasoning in Coq	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Tadeusz Litak
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes) Tutorial achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (50%) Tutorial achievement (50%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 787141	<b>Algebraische und Logische Aspekte der Automatentheorie</b> Algebraic and logical aspects of automata theory	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 861501	<b>Algebra des Programmierens</b> Algebra of programming (lecture with practical)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Stefan Milius
5	<b>Contents</b>	<p>Induktive Datentypen wie z.B. Listen, Stacks und Bäume werden abstrakt beschrieben.</p> <p>Strukturelle Induktion und Rekursion für solche Datentypen (z.B. die fold-Operation auf Listen) werden auf Grundlage der Initiale-Algebra-Semantik entwickelt.</p> <p>Dadurch werden verschiedene effektive Programmiertricks auf eine solide mathematische Grundlage gestellt.</p> <p>Grundlagen und Methoden der Kategorientheorie werden eingeführt und erklärt, insbesondere initiale Algebren und ihre Konstruktion.</p> <p>Evtl. werden Koalgebren behandelt, die es ermöglichen, verschiedene zustandsbasierte Systeme und ihre Semantik in einer einheitlichen Theorie zu studieren.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben elementare Definitionen und Fakten zu induktiven Datentypen, zustandsbasierten Systemen und grundlegenden kategoriellen Begriffen wieder</p> <p>Verstehen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären grundlegende Begriffe und Konzepte der Kategorientheorie</li> <li>• beschreiben Beispiele dieser Begriffe und Konzepte</li> <li>• erläutern grundlegende kategorielle Ergebnisse und deren Beweise</li> </ul> <p>Anwenden Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden strukturelle Induktionsprinzipien (Definitions- und Beweisprinzip) auf Programmierbeispiele an</li> <li>• wenden strukturelle Koinduktionsprinzipien (Definitions- und Beweisprinzip) auf festgelegte Typen von zustandsbasierten Systemen (Koalgebren) an</li> <li>• übertragen kategorielle Begriffe auf verschiedene Spezialfälle der Informatik (abstrakte Datentypen und verschiedene Arten von Automaten)</li> </ul> <p>Analysieren Die Studierenden analysieren kategorielle Beweise, diskutieren die entsprechenden Argumentationen und legen diese schriftlich klar nieder.</p> <p>Erschaffen Die Studierenden</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten strukturelle Induktions- und Koinduktionsprinzipien für neue Datentypen und zustandsbasierte Systeme als Spezialfall der Initiale-Algebra-Semantik und Terminale-Koalgebra-Semantik aus</li> <li>• kreieren kategorielle Begriffe, die Konzepte von konkreten Datentypen und Systemen abstrahieren</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen.</li> <li>• vollziehen mathematische Argumentationen nach, erklären diese, führen diese selbst und legen sie schriftlich nieder</li> </ul> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden lösen Probleme in kollaborativer Gruppenarbeit und präsentieren erarbeitete Lösungen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 42 h Independent study: 183 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Bird and O. de Moor: Algebra of Programming, Prentice Hall, 1996.</li> <li>• J. Adamek, H. Herrlich and G.E. Strecker: Abstract and Concrete Categories: The Joy of Cats, 2nd edition, Dover Publishers, 2009.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 894856	<b>Künstliche Intelligenz I</b> Artificial intelligence I	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit.</p> <p>---</p> <p>This module covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen.</li> <li>- Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben).</li> <li>- Analyse: Die Studierenden lernen die über die modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen</li> </ul> <p>*Inhalt*:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agentenmodelle als Grundlage der Künstlichen Intelligenz</li> <li>- Logisches Programmieren in Prolog</li> <li>- Heuristische Suche als Methode zur Problemlösung</li> <li>- Zwei-Agenten-Suche (automatisierung von Brettspielen) mittels heuristischer Suche</li> <li>- Constraint Solving/Propagation</li> <li>- Logische Sprachen für die Wissensrepräsentation</li> <li>- Inferenz and Automatisiertes Theorembeweisen (DPLL-Varianten und PL1)_</li> <li>- Classisches Planen</li> <li>- Planen und Agieren in der wirklichen Welt.</li> </ul> <p>---</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI.</li> <li>- Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks).</li> <li>- Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better.</li> <li>- Social Competences: Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah).</li> </ul> <p>Contents: Foundations of symbolic AI, in particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agent Models as foundation of AI</li> </ul>	



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logic Programming in Prolog</li> <li>- Heuristic Search as a method for problem solving</li> <li>- Adversarial Search (automating board games) via heuristic search</li> <li>- Constraint Solving/Propagation</li> <li>- Logical Languages for knowledge representation</li> <li>- Inference and automated theorem proving</li> <li>- Classical Planning</li> <li>- Planning and Acting in the real world.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p>

1	<b>Module name</b> 173107	<b>Kommunikation und Parallele Prozesse</b> Communication and parallel processes	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschriftete Transitionssysteme</li> <li>• Prozessalgebren</li> <li>• Starke und schwache Bisimulation</li> <li>• Das Linear-Time/Branching-Time-Spektrum</li> <li>• Partition Refinement</li> <li>• Hennessy-Milner-Logik</li> <li>• Modaler <math>\mu</math>-Kalkül</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben elementare Definitionen und Fakten zu reaktiven Systemen wieder.</p> <p>Verstehen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern semantische Grundbegriffe, insbesondere Systemtypen und Systemäquivalenzen, und identifizieren ihre wesentlichen Eigenschaften</li> <li>• erläutern die Syntax und Semantik von Logiken und Prozesskalkülen</li> <li>• fassen wesentliche Metaeigenschaften von Logiken und Prozesskalkülen zusammen.</li> </ul> <p>Anwenden Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• übersetzen Prozessalgebraische Terme in ihre denotationelle und operationelle Semantik</li> <li>• prüfen Systeme auf verschiedene Formen von Bsimilarität</li> <li>• prüfen Erfüllung modaler Fixpunktformeln in gegebenen Systemen</li> <li>• implementieren nebenläufige Probleme in Prozessalgebren</li> <li>• spezifizieren das Verhalten nebenläufiger Prozesse im modalen <math>\mu</math>-Kalkül.</li> </ul> <p>Analysieren Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten einfache Meta-Eigenschaften von Kalkülen her</li> <li>• wählen für die Lösung gegebener nebenläufiger Probleme geeignete Formalismen aus</li> </ul> <p>Evaluiieren (Beurteilen) Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen prozessalgebraische und logische Kalküle hinsichtlich Ausdrucksmächtigkeit und Berechenbarkeitseigenschaften</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• hinterfragen die Eignung eines Kalküls zur Lösung einer gegebenen Problemstellung</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen.</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden lösen abstrakte Probleme in kollaborativer Gruppenarbeit.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1;2;3;4
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robin Milner, Communication and Concurrency, Prentice-Hall, 1989</li> <li>• Julian Bradfield and Colin Stirling, Modal mu-calculi. In: Patrick Blackburn, Johan van Benthem and Frank Wolter (eds.), The Handbook of Modal Logic, pp. 721-756. Elsevier, 2006.</li> <li>• Jan Bergstra, Alban Ponse and Scott Smolka (eds.), Handbook of Process Algebra, Elsevier, 2006.</li> <li>• L. Aceto, A. Ingólfssdóttir, K. Larsen and J. Srba, Reactive Systems, Cambridge University Press, 2011</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 593320	<b>Vernetzte Mobilität und autonomes Fahren</b> Connected mobility and autonomous driving	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Anatoli Djanatliev	
5	<b>Contents</b>	<p>Es ist inzwischen allgemein bekannt, dass Fahrzeuge der Zukunft hochgradig vernetzt sein werden. Der aktuelle Trend geht in Richtung des autonomen Fahrens. In den bisherigen Betrachtungen wurde insbesondere die ad-hoc Kommunikation zwischen Fahrzeugen auf unteren Schichten untersucht (Fahrzeugkommunikation). Im Rahmen der vernetzten Mobilität soll das Fahrzeug vor allem als Teil eines größeren Ökosystems mit weiteren Teilnehmern (z.B. Personen, Radfahrern, Ampeln, Gebäuden etc.) gesehen werden. All dies gibt die Möglichkeit den ständig wachsenden Bedarf an Mobilität zu optimieren und neue Sicherheits- und Komfortdienstleistungen zu schaffen. Dies erfordert jedoch die Lösung einiger komplexer Herausforderungen. Neben den gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekten müssen insbesondere auch technische Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu gehören u.a. geeignete Kommunikationstechnologien (v.a. ad-hoc, Mobilfunk) und Kommunikationsarchitekturen (Cloud-, Edge/Fog-, Node-Computing). Neben Technologien, Methoden und innovativen Mobilitätsdienstleistungen werden im Rahmen dieser Lehrveranstaltung auch grundlegende Aspekte der Verkehrsplanung und Verkehrstechnik eingeführt sowie der intermodale Verkehr besprochen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Verstehen Verständnis grundlegender Konzepte u.a. von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ad-Hoc Kommunikation</li> <li>• Mobilfunkkommunikation</li> <li>• Verkehrsplanung</li> <li>• Architekturen</li> <li>• Fahrzeug als Teil eines Mobilitäts-Ökosystems</li> <li>• Innovative Dienste</li> </ul> <p>Anwenden Bearbeitung von Übungsaufgaben Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiede zwischen unterschiedlichen Kommunikationstechnologien und Architekturen aufdecken</li> <li>• Relevante Zukunftsszenarien aufbauen</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen) Anwendung von Simulation und Modellierung zur Evaluierung zukünftiger Szenarien und Fallstudien.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	

9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (90 minutes) Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Barbara Flügge; Smart Mobility - Connecting Everyone: Trends, Concepts and Best Practices; Vieweg Teubner, 2017  Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.); Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte; Springer 2015  Johanning, V., Mildner, R.; Car IT kompakt: Das Auto der Zukunft Vernetzt und autonom fahren; Springer, 2015

1	<b>Module name</b> 806144	<b>Beschreibungslogik und formale Ontologien</b> Description Logics and Formal Ontologies	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmen für Aussagenlogik</li> <li>• Tableauekalküle</li> <li>• Anfänge der (endlichen) Modelltheorie</li> <li>• Modal- und Beschreibungslogiken</li> <li>• Ontologieentwurf</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen der Syntax und Semantik verschiedener Wissensrepräsentationssprachen wieder und legen wesentliche Eigenschaften hinsichtlich Entscheidbarkeit, Komplexität und Ausdrucksstärke dar.</p> <p>Anwenden Die Studierenden wenden Deduktionsalgorithmen auf Beispielformeln an. Sie stellen einfache Ontologien auf und führen anhand der diskutierten Techniken Beweise elementarer logischer Metaeigenschaften.</p> <p>Analysieren Die Studierenden klassifizieren Logiken nach grundlegenden Eigenschaften wie Ausdrucksstärke und Komplexität. Sie wählen für ein gegebenes Anwendungsproblem geeignete Formalismen aus.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise.</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1;2;3;4	
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio	
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	

16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• M Krötzsch, F Simancik, I Horrocks; A description logic primer, arXiv, 2012</li><li>• F. Baader et al. (ed.): The Description Logic Handbook, Cambridge University Press, 2003</li><li>• M. Huth, M. Ryan: Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2004</li><li>• L. Libkin: Elements of Finite Model Theory, Springer, 2004</li></ul>
----	---------------------	---

1	<b>Module name</b> 93076	<b>Formale Verifikation</b> Formal methods of software development	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Tadeusz Litak	
5	<b>Contents</b>	<p>In the first part of the course, we will engage in the formal verification of reactive systems. Students learn the syntax and semantics of the temporal logics LTL, CTL, and CTL** and their application in the specification of e.g. safety and liveness properties of systems. Simple models of systems are designed and verified using model checkers and dedicated frameworks for asynchronous and synchronous reactive systems, and the algorithms working in the background are explained.</p> <p>The second part of the course focuses on functional correctness of programs; more precisely, we discuss the theory of pre- and postconditions, Hoare triples, loop invariants, and weakest (liberal) preconditions, in order to introduce automatised correctness proofs using the Hoare calculus.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students are going to acquire the following competences:</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproduce the definition of syntax and semantics of temporal logics LTL, CTL, and CTL**.</li> <li>• Reproduce the definition of semantics of a simple programming languages like IMP, with special focus on axiomatic semantics (Hoare rules).</li> <li>• Explain how CTL can be characterised in terms of fixpoints.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <p>The students understand the workings of state of the art automatic frameworks, clarifying the role of model checking algorithms, semantics and Hoare calculi in formal verification.</p> <p>Anwenden</p> <p>In a series of exercises, the students use state of the art tools for</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• model checking</li> <li>• specification and verification of reactive systems,</li> <li>• verification of functional correctness or memory safety of simple programs.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choose the optimal tool for a given verification or specification problem.</li> <li>• Differentiate between safety and liveness properties.</li> </ul>	



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrast several related temporal logics (LTL, CTL, CTL**) and properties expressible/inexpressible in each of them.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Winskel: The Formal Semantics of Programming Languages: An Introduction, The MIT Press, 1993.</li> <li>• M. Huth, M. Ryan: Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2. Aufl., 2004.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44640	<b>Introduction to Dependently Typed Programming</b> Introduction to Dependently Typed Programming (IDenT)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Sergey Goncharov	
5	<b>Contents</b>	<p>The course provides an introduction to dependently typed programming using Agda as the running programming language for practical exercises.</p> <p>The idea of the course is to present theoretical and practical aspects of dependent type theory through the lens of logic, programming, their connection via the propositions-as-types paradigm and explore the applications of these concepts to functional programming and verification.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz Wissen</b> Students demonstrate an understanding of the role of dependent types and the propositions-as-types paradigm in the context of functional programming and as a semantic mechanism for programming and system specification; Students reproduce the main definitions and results on dependent type semantics and higher order logic, and explain them from a programming perspective. <b>Anwenden</b> Students use dependent types to formalise examples, formulate and prove the corresponding verification goals. Students use their theoretic knowledge in dependent type theory for implementing practical problems in concrete programming languages, specifically in Agda. <b>Analysieren</b> Students analyse programming challenges, reduce larger tasks to subtasks and correspondingly organise their implementations in a modular fashion, by using the available abstraction mechanisms of dependently typed programming. Students formulate and prove verification goals in a modular way and use interactive mechanisms of the Agda programming environment both to conduct the proofs and to facilitate the development process. <b>Selbstkompetenz</b> Students will be regularly provided with small challenges in form of exercises to be able to have a gradual progress with the lecture material.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Als empfohlene Voraussetzung ist "Grundlagen der Logik in der Informatik" ausreichend.</p> <p>Alternativ sind allgemeine mathematische und logische Grundkenntnisse, die Sie auf jegliche Art und Weise erworben haben, ebenfalls geeignet.</p> <p>Stellen Sie sicher, dass Sie die folgenden Beispielfragen sicher beantworten können, um zu beurteilen, ob der Kurs für Sie geeignet ist (eine richtige Antwort muss nicht eindeutig sein, aber wenn Sie die Frage im Wesentlichen verstehen, sollte es kein Problem sein):</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wann sind zwei Funktionen, sagen wir <math>f</math> und <math>g</math>, von einer Menge <math>A</math> zu einer Menge <math>B</math> gleich?</li> <li>- Wann sind zwei Mengen gleich?</li> <li>- Wann eine Relation zwischen zwei Mengen <math>A</math> und <math>B</math> eine Funktion ist?</li> <li>- Wenn eine Implikation <math>A \rightarrow B</math> falsch ist, muss dann auch <math>A</math> falsch sein? Muss <math>B</math> falsch sein?</li> <li>- Verstehen Sie das Prinzip des "Beweis durch Widerspruch"?</li> <li>- Was ist das (Kartesische) Produkt von zwei Mengen?</li> <li>- Was ist eine disjunkte Vereinigung von zwei Mengen?</li> <li>- Was ist das Prinzip der vollständigen Induktion?</li> <li>- Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen endlichen binären Bäumen und Termen über einer finitären Signatur. Welche Aritäten die beteiligten Operationen haben werden?</li> <li>- Was sind Boolesche Konstanten?</li> <li>- Wie lautet die Definition der Fakultätsfunktion? Wie lautet die Definition der Fibonacci-Zahlen?</li> <li>- Wie lautet die Formel zur Berechnung der Summe der vollen Quadrate <math>1^2 + \dots + n^2</math>?</li> <li>- Was ist die Definition einer teilweise geordneten Menge?</li> <li>- Was ist eine Äquivalenz?</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Variable  Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 25, benotet, 7.5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 %</p> <p>Weitere Erläuterungen: Die Modulnote setzt sich zu 50% aus dem Ergebnis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung am Semesterende und zu 50% aus der Note für die Bearbeitung von 6 Übungsaufgabenblättern zusammen.</p> <p>Prüfungssprache: Englisch</p>
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ulf Norell and James Chapman. Dependently Typed Programming in Agda.</li> <li>• Ana Bove and Peter Dybjer. Dependent Types at Work.</li> <li>• Ana Bove, Peter Dybjer, and Ulf Norell. A Brief Overview of Agda - A Functional Language with Dependent Types</li> <li>• Yoshiki Kinoshita. On the Agda Language</li> </ul>

- Anton Setzer. Lecture notes on Interactive Theorem Proving.
- Daniel Peebles. Introduction to Agda. Video of talk from the January 2011 Boston Haskell session at MIT.
- Conor McBride. Introduction to Dependently Typed Programming using Agda.
- Andreas Abel. Agda lecture notes.
- Jan Malakhovski. Brutal [Meta]Introduction to Dependent Types in Agda
- Thorsten Altenkirch. Computer Aided Formal Reasoning
- Daniel Licata. Dependently Typed Programming in Agda
- Tesla Ice Zhang. Some books about Formal Verification in Agda (in Chinese)
- Phil Wadler. Programming Languages Foundations in Agda
- Aaron Stump. Verified Functional Programming in Agda
- Diviánszky Péter. Agda Tutorial
- Musa Al-hassy. A slow-paced introduction to reflection in Agda

1	<b>Module name</b> 93134	<b>Wissensrepräsentation und -verarbeitung</b> Knowledge representation and processing	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase PD Dr. Florian Rabe
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Modul führt allgemein und grundlegend in die Wissensrepräsentation und -Verarbeitung ein.</p> <p>Dies beinhaltet alle Aspekte von Wissensrepräsentationssprachen und Wissen wie zum Beispiel Ontologiesprachen und Linked Data, Programmiersprachen und Algorithmen, Datenbeschreibungssprachen und Daten-Mengen, Logik und Beweise sowie natürliche Sprache und informelle Dokumente.</p> <p>Die Vorlesung behandelt all diese Aspekte grundlegend und vergleichend und geht eingehend auf die Integration und Interoperabilität der verschiedenen Aspekte ein.</p> <p>Die Übung vertieft dies im praktischen Umgang mit state-of-the-art Software-Systemen für die verschiedenen Aspekte.</p> <p>Das Modul kann belegt werden sowohl als Einstieg in weitere Module im Rahmen der Vertiefungsrichtung Künstlichen Intelligenz im Bachelor oder Master als auch als einmalige Überblicksvorlesung.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Teilnehmer erlernen und verstehen grundlegende Konzepte der Wissensrepräsentation und wie sie sie in der Praxis anwenden können. Konkret erlernen sie Wissensrepräsentationssprachen aus dem Bereich Ontologiesprachen, Programmiersprachen, Datenbeschreibungssprachen, Logik sowie natürliche Sprache. Sie verstehen die jeweiligen Vor- und Nachteile der und die Interrelationen zwischen den Sprachen.</p> <p>Sie erlernen, wie sie zu gegebenen Wissensrepräsentations-Problemen passende Sprachen auswählen, einsetzen und kombinieren können.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 221236	<b>Logik-basierte Wissensrepräsentation für mathematisch/technisches Wissen</b> Logic-based knowledge representation for mathematic/technical knowledge	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	<b>Contents</b>	Grundlagen der Mathematik, Modulare Formalisierung in Theoriegraphen, Narrative Strukturen in informellen mathematisch/technischen Dokumenten, Formalisierung von Logiksprachen in Metalogiken.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen: Die Studierenden beherrschen moderne, sehr expressive Formalismen (Syntax, Semantik, Beweistheorie) zur Repräsentation komplexen Wissens. Sie können diese selbst in Metalogiken repräsentieren und eingeschränkt neue Formalismen entwickeln.</li> <li>• Anwenden: Die Studierenden formalisieren komplexe mathematisch/technische Sachverhalte in jeweils geeigneten Meta-Sprachen und setzen diese durch Interpretationsabbildungen in Verbindung.</li> <li>• Analysieren: Die Studierenden analysieren die innere Struktur komplexer Objekte, Konzepte, und Modelle. Sie wählen für eine zu repräsentierende mathematisch/technische Domäne geeignete Formalismen aus.</li> <li>• Lern- bzw. Methodenkompetenz: Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Repräsentationen und Beweise.</li> <li>• Sozialkompetenz: Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</li> </ul> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Mathematik</li> <li>• Modulare Formalisierung in Theoriegraphen,</li> <li>• Narrative Strukturen in informellen mathematisch/technischen Dokumenten,</li> <li>• Formalisierung von Logiksprachen in Metalogiken.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 675137	<b>Logik-Basierte Sprachverarbeitung</b> Logic-based speech representation	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
5	<b>Contents</b>	Grundlagen der logikbasierten Sprachverarbeitung, Syntax, Semantik-Konstruktion, und Semantische Verarbeitung natürlicher Sprache im Grammatical Framework (GF)	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden beherrschen moderne, sehr expressive Formalismen zur Syntaktisch/Semantischen Analyse und Bedeutungsrepräsentation natürlicher Sprache. Sie können eingeschränkt neue Formalismen entwickeln.</p> <p>Anwenden Die Studierenden entwickeln Grammatiken und Bedeutungsrepräsentationen im Meta-Framework GF und setzen diese durch Interpretationsabbildungen in Verbindung.</p> <p>Analysieren Die Studierenden analysieren die innere Struktur natürlichsprachlicher Phrasen und Sätze. Sie wählen für eine zu repräsentierenden Phänomene geeignete Formalismen aus.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale syntaktische und semantische Repräsentationen für Natürliche Sprache</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</p> <p>Inhalt Grundlagen der logikbasierten Sprachverarbeitung, Syntax, Semantik-Konstruktion, und Semantisch/Pragmatischen Verarbeitung natürlicher Sprache im Grammatical/Logical/Inferential Framework (GLIF) Insbesondere - Montague's "Method of Fragments" - Grammatikentwicklung in GF - Logikentwicklung und Domänenrepräsentation in MMT - Representation von Inferenzsystemen in LF - Inferenzbasierte Modellierung der Semantisch/proagmatischen Verarbeitung</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211	



10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 984981	<b>Modallogik</b> Modal logic	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relationale Modallogiken</li> <li>• Ausdrucksstärke</li> <li>• Axiomatisierung und Vollständigkeit</li> <li>• Entscheidbarkeit und Komplexität</li> <li>• Programmverifikation mittels dynamischer und temporaler Logiken</li> <li>• Modaler <math>\mu</math>-Kalkül</li> <li>• Koalgebraische Logik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b> Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen, Axiomatisierungen und Resultate aus der Metatheorie der Modallogik wieder.</p> <p><b>Anwenden</b> Die Studierenden führen beispielhaft Beweise in modallogischen Deduktionssystemen und wenden modallogische Schlussfolgerungsalgorithmen korrekt an. Sie instanzieren gängige Vollständigkeitskriterien auf konkrete Modallogiken.</p> <p><b>Analysieren</b> Die Studierenden teilen Logiken gemäß ihrer modallogischen Eigenschaften wie Axiomatisierbarkeit, Entscheidbarkeit oder Komplexität ein; sie wählen für gegebene Anwendungszwecke geeignete Logiken aus.</p> <p><b>Erschaffen</b> Die Studierenden führen selbständig metatheoretische Beweise über Modallogiken.</p> <p><b>Lern- bzw. Methodenkompetenz</b> Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise.</p> <p><b>Sozialkompetenz</b> Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1;2;3;4	
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Sally Popkorn,  First Steps in Modal Logic , 314 pages, Cambridge University Press, 1994.</p> <p>Patrick Blackburn, Maarten de Rijke and Yde Venema,  Modal Logic , 554 pages, Cambridge University Press, 2001.</p> <p>Alexander Chagrov and Michael Zakharyashev,  Modal Logic , 605 pages, Oxford University Press, 1997.</p>

1	<b>Module name</b> 845618	<b>Monad-Based Programming</b> Monad-based programming	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Sergey Goncharov
5	<b>Contents</b>	<p>Der Kurs bietet einen Hintergrund zu verschiedenen Themen der Funktionale Programmierung. Als Leitparadigma wird die monadenbasierte funktionale Programmierung gewählt. Die Idee des Kurses ist es, klare berechnungsbezogene Einblicke in verschiedene Konzepte der Semantik und Programmierung zu geben und diese durch konkrete Implementierungen in der Programmiersprache Haskell zu üben. Zu diesem Zweck werden im Kurs die Sprache und der prinzipielle Ansatz der Kategorientheorie umfassend motiviert und verwendet.</p> <p>Schlüsselwörter: Monaden, Funktionale Programmierung, Kategorientheorie, Haskell, Equational reasoning;</p> <p>Kursseite: <a href="https://www8.cs.fau.de/monad-based-programming/">https://www8.cs.fau.de/monad-based-programming/</a></p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b> <b>Wissen</b></p> <p>Die Studierenden zeigen Verständnis der Rolle von Monaden im Kontext der funktionalen Programmierung und als semantisches Werkzeug für die Programmierung und Softwarespezifikation. Die Studierenden geben die wichtigsten Definitionen und Ergebnisse über Monaden, Monadenkombinationen und anderen kategorischen Konstrukten, sowie Produkte, Koprodukte, Funktoren, applikative Funktoren, exponentielle Objekte, wieder und erklären sie aus der Perspektive der Programmierung.</p> <p><b>Anwenden</b></p> <p>Die Studierenden verwenden den monadenbasierten Ansatz, um Beispiele mit verschiedenen Arten von Recheneffekten als Monaden zu formalisieren. Die Studierenden verwenden Monaden für die praktische Programmierung in Programmiersprachen, insbesondere in Haskell.</p> <p><b>Analysieren</b></p> <p>Die Studierenden identifizieren verschiedene Berechnungseffekte als Monaden und behandeln Probleme aus verschiedenen semantischen Domänen (zustandsabhängig, nichtdeterministisch, Ausnahmeverhalten) in geeigneter Weise und erstellen eine monadenbasierte Softwareimplementierung.</p> <p><b>Selbstkompetenz</b></p>

		Die Studenten werden regelmäßig mit kleinen Herausforderungen in Form von Übungen versorgt, um einen allmählichen Fortschritt mit dem Vorlesungsmaterial zu erzielen.
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Als empfohlene Voraussetzung ist "Grundlagen der Logik in der Informatik" ausreichend.</p> <p>Alternativ sind allgemeine mathematische und logische Grundkenntnisse, die Sie auf jegliche Art und Weise erworben haben, ebenfalls geeignet.</p> <p>Stellen Sie sicher, dass Sie die folgenden Beispielfragen sicher beantworten können, um zu beurteilen, ob der Kurs für Sie geeignet ist (eine richtige Antwort muss nicht eindeutig sein, aber wenn Sie die Frage im Wesentlichen verstehen, sollte es kein Problem sein):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wann sind zwei Funktionen, sagen wir <math>f</math> und <math>g</math>, von einer Menge <math>A</math> zu einer Menge <math>B</math> gleich?</li> <li>- Wann sind zwei Mengen gleich?</li> <li>- Wann eine Relation zwischen zwei Mengen <math>A</math> und <math>B</math> eine Funktion ist?</li> <li>- Wenn eine Implikation <math>A \rightarrow B</math> falsch ist, muss dann auch <math>A</math> falsch sein? Muss <math>B</math> falsch sein?</li> <li>- Verstehen Sie das Prinzip des "Beweis durch Widerspruch"?</li> <li>- Was ist das (Kartesische) Produkt von zwei Mengen?</li> <li>- Was ist eine disjunkte Vereinigung von zwei Mengen?</li> <li>- Was ist das Prinzip der vollständigen Induktion?</li> <li>- Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen endlichen binären Bäumen und Termen über einer finitären Signatur. Welche Aritäten die beteiligten Operationen haben werden?</li> <li>- Was sind Boolesche Konstanten?</li> <li>- Wie lautet die Definition der Fakultätsfunktion? Wie lautet die Definition der Fibonacci-Zahlen?</li> <li>- Wie lautet die Formel zur Berechnung der Summe der vollen Quadrate <math>1^2 + \dots + n^2</math>?</li> <li>- Was ist die Definition einer teilweise geordneten Menge?</li> <li>- Was ist eine Äquivalenz?</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Oral  Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 7.5 ECTS</p> <p>Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0% weitere Erläuterungen: Die Modulnote setzt sich zu 50% aus dem Ergebnis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung am Semesterende und zu 50% aus der Note für die Bearbeitung von 6 Übungsaufgabenblättern zusammen.</p>

		Prüfungssprache: Englisch oder Deutsch
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 599478	<b>Praktische Semantik von Programmiersprachen</b> Practical semantics of programming languages	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Praktische Semantik von Programmiersprachen (4 SWS)	-
3	Lecturers	Tadeusz Litak	

4	<b>Module coordinator</b>	Tadeusz Litak
5	<b>Contents</b>	We study the foundations of the imperative and functional languages, including semantics and type systems. The special feature of this course is that theory is done in a very practical and hands-on way: we not just prove, but program all the results from first-principles. The basic tool used in the course is Coq proof assistant, which can be regarded as a functional programming language in its own right. It has been used, for example, to verify correctness of Java Card technology, C compilers or, more recently, fragments of x86 architecture.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen The students explain the basics of both programming semantics and proof assistants, in particular Coq.</p> <p>Verstehen The students prove theorems using a proof assistant.</p> <p>Anwenden The students transfer proofs into programs and programs into proofs.</p> <p>Analysieren The students examine behaviour of simple programs using formal semantics</p> <p>Evaluieren (Beurteilen) The students evaluate the role played by logic and type theory in scientific approach to programming.</p> <p>Erschaffen The students provide formal semantics to a simple programming language.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 56 h Independent study: 169 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english

16	<b>Bibliography</b>	<p>Online book "Software Foundations" <a href="http://www.cis.upenn.edu/~bcpierce/sf/">http://www.cis.upenn.edu/~bcpierce/sf/</a></p> <p>Online books by Adam Chlipala: "Certified Programming with Dependent Types" <a href="http://adam.chlipala.net/cpdt/">http://adam.chlipala.net/cpdt/</a> and "Formal Reasoning About Programs" <a href="http://adam.chlipala.net/frap/">http://adam.chlipala.net/frap/</a></p> <p>Supplementary reading on the theory of programming: Types and Programming Languages</p> <p>Benjamin C. Pierce, The MIT Press</p> <p>Supplementary reading on Coq: Interactive Theorem Proving and Program Development</p> <p>Coq'Art: The Calculus of Inductive Constructions</p> <p>Series: Texts in Theoretical Computer Science. An EATCS Series</p> <p>Bertot, Yves, Casteran, Pierre</p>
----	---------------------	---



1	<b>Module name</b> 92280	<b>Verifikation digitaler Systeme</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Oliver Keszöcze	
5	<b>Contents</b>	<p>Für den Entwurf eines digitalen Systems werden heute in der Industrie ebenso viele Verifikationsingenieure wie Designer benötigt. Trotzdem beansprucht die Verifikation heute bereits 70%-80% der gesamten Entwurfszeit. Neben konventionellen Verifikationserfahren wie der Simulation sind werden seit einigen Jahren sogenannte "formale Verifikationsmethoden" in heutigen Entwurfsflüssen eingesetzt. Der Umgang mit diesen Methoden stellt ein wichtiges neues Aufgabenfeld dar. Im Gegensatz zur Simulation beruht die formale Verifikation auf exakten mathematischen Methoden zum Nachweis funktionaler Schaltungseigenschaften. Dadurch können Entwurfsfehler frühzeitiger und mit höherer Zuverlässigkeit als bisher erkannt werden. Jedes System zur formalen Hardwareverifikation erfordert:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ein geeignetes Modell des zu verifizierenden Systems</li> <li>2. eine Sprache zur Formulierung der zu verifizierenden Eigenschaften</li> <li>3. eine Beweismethode.</li> </ol> <p>Die Vorlesung behandelt diese drei Bereiche, vermittelt die grundlegenden Algorithmen und Konzepte moderner Werkzeuge für die formale Hardwareverifikation und erläutert deren Einsatz in der industriellen Praxis. Im Einzelnen werden in dieser Vorlesung die folgenden Punkte behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modellierung digitaler Systeme</li> <li>2. Unterschiede formaler und simulationsbasierter Verifikationsmethoden</li> <li>3. Äquivalenzvergleich</li> <li>4. Formale und simulationsbasierte Eigenschaftsprüfung</li> <li>5. Assertions</li> <li>6. Verifikation arithmetischer Schaltungen</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz -- Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erläutern die wesentlichen Techniken zur Verifikation digitaler Systeme, zeigen deren Vor- und Nachteile auf und vergleichen diese bezüglich Ihrer Mächtigkeit und Komplexität.</li> </ul> <p>Fachkompetenz -- Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden Modellierungstechniken aus den Bereichen der Binären Entscheidungsdiagramme inkl. bekannter Erweiterungen (MDD, etc.) sowie der SAT-Löser auf Systembeschreibungen an.</li> <li>• Die Studierenden Verifikationstechniken aus den Bereichen der formalen Äquivalenz- und Eigenschaftsprüfung (Model</li> </ul>	

		Checking, Symbolic Model Checking, Bounded Model Checking) auf Systembeschreibungen an.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Subsymbolic AI/Machine learning

1	<b>Module name</b> 93873	<b>Advanced Deep Learning</b> Advanced deep learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger	
5	<b>Contents</b>	<p>Deep Learning-based algorithms showed great performance in many fields of image processing and pattern recognition and compete with technologies such as compressive sensing and iterative optimization. The basis for the success of these algorithms is the availability of large amounts of data (big data) for training and of high computing power (typically GPUs or TPUs).</p> <p>In this course we will explore advanced deep learning methods. In particular, we will aim to develop a deeper understanding of topics beyond SGD optimization, CNNs and simple RNN networks, for example: attention in neural networks, self- and unsupervised learning, representation learning, multi-task and multi-modal learning, as well as diffusion and energy-based models. The selection of topics will be continuously adapted to reflect current research interests at high-impact conferences like CVPR, ICCV/ECCV, NeurIPS, ICLR and ICML. The goal of this is course is to develop both a sound theoretical understanding of these approaches and identify areas of application for these advanced techniques. This will be complemented by programming exercises to facilitate an in-depth understanding. Where suitable, we will further discuss ethical and societal implications of the discussed machine learning methods.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>By the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand advanced techniques in deep learning</li> <li>• identify a suitable approach as well as its benefits and shortcomings</li> <li>• discuss the technical requirements of different approaches</li> <li>• read and discuss recent papers in the discipline</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>We strongly recommend students to have acquired a thorough understanding of fundamental Machine Learning and Deep Learning techniques, e.g., from the lecture + exercises "Deep Learning".</p> <p>Furthermore, programming experience in Python and Pytorch will be necessary to complete the exercises.</p>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Variable (30 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Variable (100%)	

12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47678	<b>Algorithmische Bioinformatik</b> Algorithmic Bioinformatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. David Blumenthal
5	<b>Contents</b>	<p>With the growing amount of readily available molecular profiling data, algorithms for analyzing these data are getting more and more important. This lecture provides a close-up view on a selection of these algorithms and introduces the biomedical problems which are addressed by them. In particular, the lecture will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A very brief introduction to molecular biology.</li> <li>• Algorithms for global and local sequence alignment.</li> <li>• Algorithms for de novo sequence assembly.</li> <li>• Algorithms for secondary RNA structure prediction.</li> <li>• Algorithms for exploratory omics data analysis.</li> <li>• Algorithms for network alignment.</li> <li>• Algorithms for disease mechanism mining in biological networks.</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• be able to explain the basics of molecular biology,</li> <li>• be able to explain fundamental algorithms used in the field,</li> <li>• be able to use paradigms of algorithm design such as dynamic programming, local search, and ant colony optimization in concrete application scenarios,</li> <li>• be able to reimplement the covered algorithms,</li> <li>• be able to provide detailed, technical explanations of the covered algorithms.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Since the lecture will be accompanied by programming exercises in Python, prior knowledge of this programming language is recommended. For students without prior experience, a very brief introduction to Python will be provided in the first two exercise sessions.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english

16	<b>Bibliography</b>	<p>Pointers to relevant papers will be provided throughout the lecture and be made available on StudOn. As optional accompanying literature, the following textbooks are recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Phillip Compeau &amp; Pavel Pevzner: Bioinformatics Algorithms: An Active Learning Approach, Active Learning Publishers, 2018.</li><li>• Patrick Siarry (Ed.): Metaheuristics, Springer International Publishing, 2016.</li></ul>
----	---------------------	---

1	<b>Module name</b> 532733	<b>Künstliche Intelligenz II</b> Artificial intelligence II	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Artificial Intelligence II (4 SWS) Übung: Übungen zu Artificial Intelligence II (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Dennis Müller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	<b>Contents</b>	Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere mit Techniken des Schließens unter Unsicherheit, des maschinellen Lernens und der Sprachverarbeitung. Das Modul baut auf dem Modul Künstliche Intelligenz I vom Wintersemester auf und führt dieses weiter.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen.</li> <li>- Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben).</li> <li>- Analyse: Die Studierenden lernen über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen.</li> </ul> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferenz unter Unsicherheit</li> <li>• Bayessche Netzwerke</li> <li>• Rationale Entscheidungstheorie (MDPs and POMDPs)</li> <li>• Machinelles Lernen und Neuronale Netzwerke</li> <li>• Verarbeitung Natürlicher Sprache</li> </ul> <p>---</p> <p>This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding.</p> <p>This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it.</p> <p>Learning Goals and Competencies</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI.</li> <li>• Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks ).</li> <li>• Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better.</li> <li>• Social Competences: Students work in small groups to solve the and machine learning challenge/competition.</li> </ul> <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inference under Uncertainty</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayesian Networks</li> <li>• Rational Decision Theory (MDPs and POMDPs)</li> <li>• Machine Learning and Neural Networks</li> <li>• Natural Language Processing</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage).</p> <p>ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p> <p>Literature</p> <p>The course follows the following textbook: Stuart Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p>

1	<b>Module name</b> 23070	<b>Biomedizinische Signalanalyse</b> Biomedical signal analysis	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Daniel Krauß
5	<b>Contents</b>	<p><b>Inhalt</b> Im Rahmen der Vorlesung werden (a) die Grundlagen der Generation von wichtigen Biosignalen im menschlichen Körper, (b) die Messung von Biosignalen und (c) Methoden zur Analyse von Biosignalen erläutert und dargestellt.</p> <p>Behandelte Biosignale sind unter anderem Aktionspotential (AP), Elektrokardiogramm (EKG), Elektromyogramm (EMG), Elektroenzephalogramm (EEG), oder Mechanomyogramm (MMG). Bei der Messung liegt der Fokus beispielsweise auf der Messtechnik oder der korrekten Sensor- bzw. Elektrodenanbringung. Im größten Teil der Vorlesung, Analyse von Biosignalen, werden Konzepte zur Filterung für die Artefaktreduktion, der Wavelet Analyse, der Ereigniserkennung und der Wellenformanalyse behandelt. Zum Schluss wird einen Einblick in überwachte Verfahren der Mustererkennung gegeben.</p> <p>Für weitere Informationen, besuchen Sie bitte unseren zugehörigen StudOn Kurs.</p> <p><b>Content</b> The lecture content explains and outlines (a) basics for the generation of important biosignals of the human body, (b) measurement of biosignals, and (c) methods for biosignals analysis.</p> <p>Considered biosignals are among others action potential (AP), electrocardiogram (ECG), electromyogram (EMG), electroencephalogram (EEG), or mechanomyogram (MMG). The focus during the measurement part is for example the measurement technology or the correct sensor and electrode placement. The main part of the lecture is the analysis part. In this part, concepts like filtering for artifact reduction, wavelet analysis, event detection or waveform analysis are covered. In the end, an insight into pattern recognition methods is obtained.</p> <p>For more information, please visit our associated StudOn course</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Kurses</b></p> <p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Entstehung, Messung und Charakteristika der wichtigsten Biosignale des menschlichen Körpers wiedergeben</li> </ul> <p><b>Verstehen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die wesentlichen Ursachen von Artefakten in Biosignalen erklären</li> </ul>

- Zusammenhänge zwischen der Entstehung der Biosignale des menschlichen Körper und dem gemessenen Signal erklären
- Messmethoden der wichtigsten Biosignale erklären
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten erläutern
- bekannte Algorithmen der Verarbeitung bestimmter Biosignale erklären (z.B. Pan Tompkins für EKG)
- typische Komponenten und ihre Bedeutung in einer generischen Signalanalyse Kette erläutern
- die Struktur und Funktionsweise von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster darstellen

#### **Anwenden**

- Signalcharakteristiken im Zeit- und Frequenzbereich bestimmen
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung anwenden und in Python implementieren
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten anwenden und in Python implementieren
- Methoden selbstständig auf interdisziplinäre Fragestellungen der Medizin und der Ingenieurwissenschaften anwenden
- das Ergebnis von typischen Filteroperationen abschätzen

#### **Analysieren**

- Filtercharakteristika von Schaltkreisen ableiten
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung vergleichen
- Klassifikationsprobleme in Python lösen
- Typische Artefakte in Biosignalen erkennen und Lösungsstrategien vorschlagen

#### **Evaluieren (Beurteilen)**

- Biosignale mit medizinischen Normalwerten vergleichen und im medizinischen Kontext evaluieren
- Klassifikationsergebnisse beurteilen
- die Bedeutung der Biosignalverarbeitung für die Medizintechnik diskutieren
- Probleme in Gruppen kooperativ und verantwortlich lösen und in der Übungsgruppe bzw. im Forum diskutieren

#### **After completion of the course, students are able to**

##### **Knowledge**

- reproduce the generation, measurement, and characteristics of important biosignals of the human body

##### **Understanding**

- explain the causes of artifacts in biosignals
- explain relations between the generation of biosignals and the measured signal
- explain methods for the measurement of important biosignals
- explain filter operations for the reduction of artifacts
- explain algorithms for the analysis of important biosignals (e.g. Pan Tompkins for EKG)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• explain typical components and their importance in the signal analysis chain</li> <li>• explain the structure and functioning of systems for machine learning and pattern recognition</li> </ul> <p><b>Application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• determine signal characteristics in the time and frequency domain</li> <li>• apply and implement algorithms for signal analysis in Python</li> <li>• implement filter operations for the reduction of artifacts in Python</li> <li>• estimate the result of filter operations</li> <li>• apply methods to interdisciplinary problems in medicine and medical engineering</li> </ul> <p><b>Analyze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive filter characteristics from electric circuits</li> <li>• compare signal analysis algorithms</li> <li>• solve classification problems in Python</li> <li>• recognize typical artifacts in biosignals and propose solutions for their reduction</li> </ul> <p><b>Evaluation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• compare biosignals with medical norm values and evaluate them in a medical context</li> <li>• evaluate classification results</li> <li>• discuss the importance of biomedical signal analysis for medical engineering</li> <li>• solve and discuss problems in groups cooperatively in the group exercises and the online forum</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>The Biosig lectures and exercises do not have formal requirements. However, we expect you to have some knowledge about the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of Physiology and Anatomy (High-school level)</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Basic elements of electronic circuits (resistor, capacitor, inductor) and related equations</li> </ul> </li> <li>• Basic math: Integration, Differentiation, Limits</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Fourier Transform (qualitative understanding)</li> <li>◦ Basic filter types</li> <li>◦ z-plane (qualitative understanding)</li> </ul> </li> </ul> <p>Furthermore, some knowledge in the following topics will be beneficial to easily understand the content of the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced filter concepts</li> <li>• z-plane math / z-transform / pole-zero plots</li> <li>• Frequency domain math / detailed understanding of Fourier transform and its properties</li> <li>• Laplace transform</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Basics of Python (for the exercises)</li> </ul> <p>If you want to refresh your knowledge on all the aforementioned topics, we recommend the following lectures and online resources: Note that some of them go beyond the requirements of this lecture for many topics!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Signals and Systems I</li> <li>Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker</li> <li>Video Series: Introduction to discrete Control (and further videos from this channel, as general introduction to filter and z-plane math)</li> <li>A visual introduction to Fourier Transform</li> <li>Udacity Python Course Course materials from the Stanford "Introduction to Scientific Python"</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Electronic Exam (in presence), 90min.</p>
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R.M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis: A case-study approach. 1st ed., 2002, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> <li>E.N. Bruce, Biomedical Signal Processing and Signal Modeling. 1st ed., 2001, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44200	<b>Computational Neurotechnology / Numerische Neurotechnologie</b> Computational neurotechnology / Numerical neurotechnology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Computational Neurotechnology (SWS)	-
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	
5	<b>Contents</b>	Foundations of Computational Neuroscience and the processing of neural signals. Applications in the areas of artificial neural networks, Brain-Machine-Interfaces (BCIs) and neural prosthesis.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Can understand the principles of the analysis of neural signals</li> <li>• Can apply information theory for the description of neural activity</li> <li>• Can perform simulations of the dynamics of single neurons as well as of neural networks</li> <li>• Can evaluate different approaches to construct Brain-Machine-Interfaces (BCIs)</li> <li>• Can explain concepts for the design of neural prosthesis</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 56 h Independent study: 94 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<p>Dayan, Peter, and Laurence F. Abbott. Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems. Computational Neuroscience Series, 2001.</p> <p>Gerstner, Wulfram, et al. Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press, 2014.</p> <p>Oweiss, Karim G., ed. Statistical signal processing for neuroscience and neurotechnology. Academic Press, 2010.</p> <p>Maurits, Natasha. From neurology to methodology and back: an introduction to clinical neuroengineering. Springer Science &amp; Business Media, 2011.</p>	

Clément, Claude. Brain-Computer Interface Technologies. Springer International Publishing, 2019.

DiLorenzo, Daniel J., and Joseph D. Bronzino, eds. Neuroengineering. CRC Press, 2007.

1	<b>Module name</b> 713618	<b>Computer vision</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Computer Vision Exercise (2 SWS) Vorlesung: Computer Vision (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	<b>Contents</b>	This lecture discusses important algorithms from the field of computer vision. The emphasis lies on 3-D vision algorithms, covering the geometric foundations of computer vision, and central algorithms such as stereo vision, structure from motion, optical flow, and 3-D multiview reconstruction. Participants of this advanced course are expected to bring experience from prior lectures either from the field of pattern recognition or from the field of computer graphics.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Vorlesung stellt eine Auswahl von Methoden aus dem Gebiet der Computer Vision vor, die in dem Feld eine zentrale Stellung einnehmen. In den Übungen implementieren und evaluieren die Studierenden selbständig diese Methoden. Die Studierenden arbeiten die ganze Zeit über an populären Computer Vision-Methoden wie zum Beispiel Stereosehen, optischer Fluss und 3D-Rekonstruktion aus mehreren Ansichten. Für diese Probleme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Studierenden perspektivische Projektion, Rotationen und verwandte geometrische Grundlagen,</li> <li>• erklären die Studierenden die behandelten Methoden,</li> <li>• diskutieren die Studierenden Vor- und Nachteile verschiedener Modalitäten zur Erfassung von 3D-Informationen,</li> <li>• implementieren die Studierenden einzeln und gemeinschaftlich in Kleingruppen Code,</li> <li>• entdecken die Studierenden optimale Vorgehensweisen in der Datenaufnahme,</li> <li>• erkunden und bewerten die Studierenden unterschiedliche Möglichkeiten für die Evaluation,</li> <li>• diskutieren und präsentieren die Gruppenarbeiter in Gruppen die Vor- und Nachteile ihrer Implementierungen,</li> <li>• diskutieren und reflektieren die Studierenden gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen des 3D-Rechnersehens.</li> </ul> <p>The lecture introduces computer vision algorithms that are central to the field. In the exercises, participants autonomously implement and evaluate these algorithms. The participants work throughout the time on popular computer vision algorithms, like for example stereo vision, optical flow, and 3-D multiview reconstruction. For these problems, the participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe perspective projection, rotations, and related geometric foundations,</li> <li>• explain the presented methods,</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• discuss the advantages and disadvantages of different modalities for acquiring 3-D information,</li> <li>• implement individually and in small groups code,</li> <li>• discover best practices in data acquisition,</li> <li>• explore and rank different choices for evaluation,</li> <li>• discuss and present in groups the advantages and disadvantages of their implementations,</li> <li>• discuss and reflect the social impact of applications of computer vision algorithms.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Richard Szeliski: "Computer Vision: Algorithms and Applications", Springer 2011.

1	<b>Module name</b> 901895	<b>Deep Learning</b> Deep learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Deep Learning (2 SWS) Übung: DL E (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Zijin Yang Alexander Barnhill	

4	<b>Module coordinator</b>	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner
5	<b>Contents</b>	<p>Deep Learning (DL) has attracted much interest in a wide range of applications such as image recognition, speech recognition and artificial intelligence, both from academia and industry.</p> <p>This lecture introduces the core elements of neural networks and deep learning, it comprises:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (multilayer) perceptron, backpropagation, fully connected neural networks</li> <li>• loss functions and optimization strategies</li> <li>• convolutional neural networks (CNNs)</li> <li>• activation functions</li> <li>• regularization strategies</li> <li>• common practices for training and evaluating neural networks</li> <li>• visualization of networks and results</li> <li>• common architectures, such as LeNet, Alexnet, VGG, GoogleNet</li> <li>• recurrent neural networks (RNN, TBPTT, LSTM, GRU)</li> <li>• deep reinforcement learning</li> <li>• unsupervised learning (autoencoder, RBM, DBM, VAE)</li> <li>• generative adversarial networks (GANs)</li> <li>• weakly supervised learning</li> <li>• applications of deep learning (segmentation, object detection, speech recognition, ...)</li> </ul> <p>The accompanying exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the different neural network components,</li> <li>• compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks,</li> <li>• compare and analyze different CNN architectures,</li> <li>• explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning,</li> <li>• explain deep reinforcement learning,</li> <li>• explain different deep learning applications,</li> <li>• implement the presented methods in Python,</li> <li>• autonomously design deep learning techniques and prototypically implement them,</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer,</li> <li>autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature,</li> <li>discuss the social impact of applications of deep learning applications.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016.</li> <li>Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006</li> <li>Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton: Deep learning. Nature 521, 436444 (28 May 2015)</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44140	<b>Interventional Medical Image Processing</b> Interventional medical image processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Interventional Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	<b>Contents</b>	<p>English Version:</p> <p>This module focuses on recent developments in image processing driven by medical applications. All algorithms are motivated by practical problems. The mathematical tools required to solve the considered image processing tasks will be introduced. The module starts with an overview on preprocessing algorithms such as scatter correction for x-ray images, edge detection, super-resolution and edge-preserving noise reduction. The second chapter describes automatic image analysis using feature descriptors, key point detection, and segmentation using bottom-up algorithms such as the random walker or top-down approaches such as active shape models. Furthermore, the module covers geometric calibration algorithms for single view calibration, epipolar geometry, and factorization. The last part of the module covers non-rigid registration based on variational methods and motion-compensated image reconstruction.</p> <p>Deutsche Version:</p> <p>Das Modul ist auf die jüngsten Entwicklungen in der Verarbeitung von medizinischen Bildern ausgerichtet. Alle Algorithmen werden durch praktische Probleme motiviert. Die mathematischen Werkzeuge, die für die Bildverarbeitungsaufgaben benötigt werden, werden eingeführt. Das Modul beginnt mit einem Überblick über Vorverarbeitungsalgorithmen, wie zum Beispiel Streustrahlkorrektur für Röntgenbilder, Kantenerkennung, Superresolution und kantenerhaltende Rauschunterdrückung. Das zweite Kapitel beschreibt die automatische Bildanalyse mit Merkmalsdeskriptoren, Punkterkennung und Segmentierung mit Bottom-up-Algorithmen wie dem Random-Walker oder Top-Down-Ansätzen wie aktiven Formmodellen. Darüber hinaus deckt die Vorlesung auch geometrische Kalibrierungsalgorithmen zur Einzelansicht-Kalibrierung, Epipolargeometrie und Faktorisierung ab. Der letzte Teil des Moduls deckt nicht-starre Registrierung auf der Grundlage von Variationsmethoden und bewegungskompensierter Bildrekonstruktion ab.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>English Version:</p> <p>The participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>summarize the contents of the lecture.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• apply pre-processing algorithms such as scatter correction and edge-preserving filtering.</li> <li>• extract information from images automatically by image analysis methods such as key point detectors and segmentation algorithms.</li> <li>• calibrate projection geometries for single images and image sequences using the described methods.</li> <li>• develop non-rigid registration methods using variational calculus and different regularizers.</li> <li>• adopt algorithms to new domains by appropriate modifications.</li> </ul> <p>Deutsche Version: Die Teilnehmenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fassen die Inhalte der Vorlesung zusammen.</li> <li>• wenden Vorverarbeitungsalgorithmen wie Streustrahlkorrektur und kantenerhaltende Filterung an.</li> <li>• extrahieren automatisch Informationen aus Bildern, indem sie Bildanalyseverfahren wie Punktdetektoren und Segmentierungsalgorithmen verwenden.</li> <li>• kalibrieren Projektionsgeometrien für Einzelbilder und Bildsequenzen mit den beschriebenen Methoden.</li> <li>• entwickeln nicht-starre Registrierungsmethoden mit Hilfe von Variationsrechnung und unterschiedlichen Regularisierern.</li> <li>• wenden Algorithmen auf neue Modalitäten durch entsprechende Änderungen im Algorithmus an.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 428256	<b>Maschinelles Lernen für Zeitreihen</b> Machine learning for time series	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Dr. Dario Zanca	
5	<b>Contents</b>	<p>Aim of the lecture is to teach Machine learning (ML) and Deep Learning (DL) methods for a variety of time series applications. The following topics will be covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals and an overview of applications of time series analysis.</li> <li>• Fundamentals of ML methods, such as Gaussian processes, State Space models, and Autoregressive models for time series.</li> <li>• Design, implementation and evaluation of ML methods in order to address time series problems.</li> <li>• Advanced DL methods for time-series, such as Convolutional, Recurrent, and Attention-based models.</li> <li>• Working with widely-used toolboxes that can be used for implementation of ML methods, such as Tensorflow or PyTorch.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can describe concepts of time series problems and their wide applications in industry, medicine, finance, etc.</li> <li>• Students can explain concepts of ML/DL methods in general and tackling time series problems in particular</li> <li>• Students understand the characteristics of time series data and are capable of developing and implementing ML/DL methods to model, predict and manipulate such data in concrete problems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	This is a specialisation lecture; successful completion of the lectures "IntroPR" and/or "Pattern Recognition" / "Pattern Analysis" is recommended. Concepts taught in "IntroPR" are assumed here as basic knowledge.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211 electronic exam (remote), 90 min.	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pattern recognition and machine learning. Christopher M. Bishop, Springer, 2006</li> <li>• The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, Springer, 2009</li> <li>• Machine Learning: A Probabilistic Perspective. Kevin Murphy, MIT press, 2012</li> <li>• Deep Learning. Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44151	<b>Medical Image Processing for Diagnostic Applications</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Diagnostic Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	<b>Contents</b>	<p>English version: The contents of the module comprise basics about medical imaging modalities and acquisition hardware. Furthermore, details on acquisition-dependent preprocessing are covered for image intensifiers, flat-panel detectors, and MR. The fundamentals of 3D reconstruction from parallel-beam to cone-beam reconstruction are also covered. In the last chapter, rigid registration for image fusion is explained.</p> <p>Deutsche Version: Die Inhalte des Moduls umfassen Grundlagen der medizinischen Bildverarbeitung und Aufnahmeprinzipien. Darüber hinaus werden Details der Vorverarbeitung für Bildverstärker, Flachpaneldetektoren und MR erklärt. Die Grundlagen der Rekonstruktion von Parallelstrahl bis hin zur Kegelstrahl-Tomographie werden ebenfalls behandelt. Im letzten Kapitel wird starre Registrierung für Bildfusion erläutert.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>English Version: The participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the challenges in interdisciplinary work between engineers and medical practitioners.</li> <li>• develop understanding of algorithms and math for diagnostic medical image processing.</li> <li>• learn that creative adaptation of known algorithms to new problems is key for their future career.</li> <li>• develop the ability to adapt algorithms to different problems.</li> <li>• are able to explain algorithms and concepts of the module to other engineers.</li> </ul> <p>Deutsche Version: Die Teilnehmenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Herausforderungen in der interdisziplinären Arbeit zwischen Ingenieuren und Ärzten.</li> <li>• entwickeln Verständnis für Algorithmen und Mathematik der diagnostischen medizinischen Bildverarbeitung.</li> <li>• erfahren, dass kreative Adaption von bekannten Algorithmen auf neue Probleme der Schlüssel für ihre berufliche Zukunft ist.</li> <li>• entwickeln die Fähigkeit Algorithmen auf verschiedene Probleme anzupassen.</li> <li>• sind in der Lage, Algorithmen und Konzepte des Moduls anderen Studierenden der Technischen Fakultät zu erklären.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Ingenieurmathematik	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	



9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 330467	<b>Multimedia Security</b> Multimedia security	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Christian Riess
5	<b>Contents</b>	<p>This lecture covers a variety of security-related topics around multimedia data. In particular, the lecture presents algorithms and key results from the past 15 years in multimedia security, including topics on image forensics, steganography, watermarking, and biometrics. Selected algorithms are implemented and tested by the participants. It is helpful to bring some knowledge in signal processing or pattern recognition. It is also helpful to be not afraid from equations. Tentative list of topics and algorithms:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Image forensics for manipulation detection in digital media. Statistical and physics-based features for manipulation detection. Detecting traces of manipulations versus validating image authenticity.</li> <li>• Blind source attribution: was an image or video captured with a particular camera?</li> <li>• Steganography for covert communication. Fundamental algorithms, when can their application be detected?</li> <li>• Watermarking for copyright protection in images/video. Fundamental algorithms, and their security.</li> <li>• Biometric features for person re-identification, and practical concerns on their implementation.</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Verstehen Die Studierenden fassen die wesentlichen Fragestellungen auf dem Gebiet der Multimediasicherheit zusammen (The participants summarize the relevant questions within the field of multimedia security). Die Studierenden nennen und erklären die wesentlichen Fachbegriffe aus den Teilgebieten der Multimediasicherheit (The participants name and explain relevant terms from the subfields of multimedia security). Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden bewerten die Eignung der vorgestellten bildforensischen Algorithmen für ein gegebenes Untersuchungsszenario (The participants evaluate the suitability of the presented image forensics algorithms for a given examination scenario). Erschaffen Die Studierenden implementieren kurze Beispielsprogramme für ausgewählte Algorithmen der Multimediasicherheit (The participants implement short example programs for selected algorithms of multimedia security). Lern- bzw. Methodenkompetenz</p>

		<p>Die Studierenden implementieren ausgewählte Methoden in der Programmiersprache C++ (The participants implement selected methods in the C++ programming language).</p> <p>Sozialkompetenz</p> <p>Die Studierenden implementieren und diskutieren Beispielmethode in Gruppenarbeit (The participants implement and discuss the example method in groups).</p> <p>Die Studierenden diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkung von Multimediasicherheit am Beispiel aktueller Probleme (The participants discuss multimedia security's impact on society using current issues).</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>begleitend zu der Veranstaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Husrev Sencar, Nasir Memon (Editors): "Digital Image Forensics. There is More to a Picture than Meets the Eye", Springer 2013.</li> <li>• Hany Farid: "Photo Forensics", MIT Press, 2016.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 639119	<b>Music Processing Analysis - Lecture and Exercise</b> Music processing analysis - Lecture and exercise	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Meinard Müller
5	<b>Contents</b>	<p>Music signals possess specific acoustic and structural characteristics that are not shared by spoken language or audio signals from other domains. In fact, many music analysis tasks only become feasible by exploiting suitable music-specific assumptions. In this course, we study feature design principles that have been applied to music signals to account for the music-specific aspects. In particular, we discuss various musically expressive feature representations that refer to musical dimensions such as harmony, rhythm, timbre, or melody. Furthermore, we highlight the practical and musical relevance of these feature representations in the context of current music analysis and retrieval tasks. Here, our general goal is to show how the development of music-specific signal processing techniques is of fundamental importance for tackling otherwise infeasible music analysis problems.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik.</li> <li>• Die Studierenden interpretieren Signaleigenschaften anhand von Visualisierungen (Exercise).</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an.</li> <li>• Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken.</li> <li>• Die Studierenden implementieren Algorithmen zur Analyse, zum Vergleich und zur inhaltsbasierten Suche von Musiksignalen (Exercise).</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse.</li> <li>• Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber.</li> <li>• Die Studierenden analysieren und erforschen Eigenschaften von Musiksignalen mittels automatisierter Methoden (Exercise).</li> <li>• Die Studierenden klassifizieren und strukturieren Musikdaten mittels Lernverfahren (Exercise).</li> </ul>

		<p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden.</li> <li>• Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen.</li> <li>• Die Studierenden evaluieren automatisierte Methoden mittels geeigneter Evaluationsmaße unter Verwendung von manuell erstellten Annotationen (Exercise).</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor.</li> <li>◦ Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis.</li> <li>◦ Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen.</li> <li>◦ Die Studierenden entwickeln praktische Lösungswege für Problem in der Musikverarbeitung (Exercise)</li> <li>◦ Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben.</li> <li>◦ Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft.</li> <li>◦ Die Studierenden nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers und der Tutoren zur Verbesserung ihrer Lernstrategien (Exercise).</li> <li>◦ Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird.</li> <li>◦ Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen.</li> <li>◦ Die Studierenden entwickeln und implementieren Software im Team (Exercise).</li> <li>◦ Die Studierenden geben Kommilitonen im Rahmen ihrer Zusammenarbeit wertschätzendes Feedback (Exercise).</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	In this course, we discuss a number of current research problems in music processing or music information retrieval (MIR) covering aspects from information science and digital signal processing. We provide the necessary background information and give numerous motivating examples so that no specialized knowledge is required. However, the students should have a solid mathematical background. The lecture is accompanied by readings from textbooks or the research literature. Furthermore, the students are required to experiment with the presented algorithms using Python.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio

11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Meinard Müller</p> <p>Fundamentals of Music Processing</p> <p>Using Python and Jupyter Notebooks</p> <p>2nd edition, 495 p., hardcover</p> <p>ISBN: 978-3-030-69807-2</p> <p>Springer, 2021</p> <p><a href="http://www.music-processing.de/">http://www.music-processing.de/</a></p> <p><a href="https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP">https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP</a></p>

1	<b>Module name</b> 44120	<b>Pattern Analysis</b> Pattern analysis	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Pattern Analysis (3 SWS) Übung: PA-Prog (1 SWS)	3,75 ECTS 1,25 ECTS
3	Lecturers	Christian Riess Dalia Rodriguez Salas	

4	<b>Module coordinator</b>	Christian Riess
5	<b>Contents</b>	<p>This module introduces the design of pattern analysis systems as well as the corresponding fundamental mathematical methods.</p> <p>The topics comprise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• clustering methods: soft and hard clustering</li> <li>• classification and regression trees and forests</li> <li>• parametric and non-parametric density estimation: maximum-likelihood (ML) estimation, maximum-a-posteriori (MAP) estimation, histograms, Parzen estimation, relationship between folded histograms and Parzen estimation, adaptive binning with regression trees</li> <li>• mean shift algorithm: local maximization using gradient ascent for non-parametric probability density functions, application of the mean shift algorithm for clustering, color quantization, object tracking</li> <li>• linear and non-linear manifold learning: curse of dimensionality, various dimensionality reduction methods: principal component analysis (PCA), multidimensional scaling (MDS), isomaps, Laplacian eigenmaps</li> <li>• Gaussian mixture models (GMM) and hidden Markov models (HMM): expectation maximization algorithm, parameter estimation, computation of the optimal sequence of states/ Viterbi algorithm, forward-backward algorithm, scaling</li> <li>• Markov random fields (MRF): definition, probabilities on undirected graphs, clique potentials, Hammersley-Clifford theorem, inference via Gibbs sampling and graph cuts</li> </ul> <p>Das Modul führt in das Design von Musteranalysesystemen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Methoden ein.</p> <p>Die Vorlesung umfasst im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clustering-Methoden: Soft- und Hard-Clustering</li> <li>• Klassifikations- und Regressionsbäume/-wälder</li> <li>• parametrische und nicht-parametrische Dichteschätzung: Verfahren sind ML- und MAP-Schätzung, Histogramme, Parzenschätzung, Zusammenhang gefaltete Histogramme und Parzenschätzung, adaptives Binning mit Regressionsbäumen.</li> <li>• 'Mean Shift'-Algorithmus: lokale Maximierung durch Gradientenaufstieg bei nicht-parametrischen Dichtefunktionen, Anwendungen des 'Mean Shift'-Algorithmus zum Clustering, Farbquantisierung und Objektverfolgung</li> <li>• Linear and Non-Linear Manifold Learning: Curse of Dimensionality, Verschiedene Methode zur</li> </ul>

		<p>Dimensionsreduktion: Principal Component Analysis (PCA), Multidimensional Scaling (MDS), Isomap, Laplacian Eigenmaps</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaußsche Mischverteilungsmodelle (GMM) und Hidden-Markov-Modelle (HMM): 'Expectation Maximization'-Algorithmus, Parameterschätzung, Bestimmung der optimalen Zustandsfolge/Viterbi-Algorithmus, Vorwärts-Rückwärts-Algorithmus, Skalierung</li> <li>• Markov-Zufallsfelder: Definition, Wahrscheinlichkeiten auf ungerichteten Graphen, Cliques-Potenziale, Hammersley-Clifford-Theorem, Inferenz mit Gibbs-Sampling und Graph Cuts</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns,</li> <li>• compare and analyze methods for manifold learning and select a suited method for a given set of features and a given problem,</li> <li>• compare and analyze methods for probability density estimation and select a suited method for a given set of features and a given problem,</li> <li>• apply non-parametric probability density estimation to pattern analysis problems,</li> <li>• apply dimensionality reduction techniques to high-dimensional feature spaces,</li> <li>• explain statistic modeling of feature sets and sequences of features,</li> <li>• explain statistic modeling of statistical dependencies,</li> <li>• implement presented methods in Python,</li> <li>• supplement autonomously the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature,</li> <li>• discuss the social impact of applications of pattern analysis solutions.</li> </ul> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die behandelten Methoden zur Klassifikation, Vorhersage und Analyse von Mustern,</li> <li>• vergleichen und analysieren Methoden des Manifold Learning und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,</li> <li>• vergleichen und analysieren Methoden zur Dichteschätzung und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,</li> <li>• wenden nicht-parametrische Dichteschätzung auf Probleme der Musteranalyse an,</li> <li>• wenden Dimensionsreduktion bei hochdimensionalen Merkmalsräumen an,</li> <li>• erläutern statistische Modellierung von Merkmalsmengen und Merkmalsfolgen,</li> <li>• erklären statistische Modellierung abhängiger Größen,</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• implementieren vorgestellte Verfahren in Python.</li> <li>• ergänzen eigenständig mathematische Grundlagen der präsentierten Methoden durch selbstbestimmtes Studium der Literatur</li> <li>• diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkungen von Anwendungen der Musteranalyse</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Begleitende Literatur / Accompanying literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006</li> <li>• T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, 2nd Edition, Springer Verlag, 2009</li> <li>• A. Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44130	<b>Pattern Recognition</b> Pattern recognition	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	<b>Contents</b>	<p>Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayesian classifier</li> <li>• Logistic Regression</li> <li>• Naive Bayes classifier</li> <li>• Discriminant Analysis</li> <li>• norms and norm dependent linear regression</li> <li>• Rosenblatt's Perceptron</li> <li>• unconstraint and constraint optimization</li> <li>• Support Vector Machines (SVM)</li> <li>• kernel methods</li> <li>• Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs)</li> <li>• Independent Component Analysis (ICA)</li> <li>• Model Assessment</li> <li>• AdaBoost</li> </ul> <p>Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayes-Klassifikator</li> <li>• Logistische Regression</li> <li>• Naiver Bayes-Klassifikator</li> <li>• Diskriminanzanalyse</li> <li>• Normen und normabhängige Regression</li> <li>• Rosenblatts Perzeptron</li> <li>• Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen</li> <li>• Support Vector Maschines (SVM)</li> <li>• Kernelmethoden</li> <li>• Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs)</li> <li>• Analyse durch unabhängige Komponenten</li> <li>• Modellbewertung</li> <li>• AdaBoost</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster</li> <li>• erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren</li> <li>• wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsproblem an</li> <li>• beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren</li> </ul> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>understand the structure of machine learning systems for simple patterns</li> <li>explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques</li> <li>apply classification techniques in order to solve given classification tasks</li> <li>evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem</li> <li>understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus</li> <li>The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful.</li> <li>Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung</li> <li>Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&amp;Sons, New York, 2001</li> <li>Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009</li> <li>Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 93185	<b>Reinforcement Learning</b> Reinforcement learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Reinforcement Learning ( SWS)	-
3	Lecturers	Dr.-Ing. Christopher Mutschler	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Christopher Mutschler	
5	<b>Contents</b>	<p>The lecture aims at teachin Reinforcement Learning (RL) and will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Reinforcement Learning (Agent-Environment-Interface, Markov Decision Processes)</li> <li>• Dynamic Programming (Bellman Equations, Value Iteration, Policy Iteration)</li> <li>• Model-Free Prediction</li> <li>• Model-Free Control</li> <li>• Value Function Approximation (Linear VFA and DQNs)</li> <li>• Policy-based Reinforcement Learning (Monte-Carlo Policy Gradient, Advantage Estimators, TRPO, PPO)</li> <li>• Model-based RL</li> <li>• Offline RL</li> <li>• Explainable RL</li> <li>• Exploration-Exploitation</li> <li>• Simulation to Reality Transfer</li> <li>• Research frontiers &amp; hot topics, Sim2Real &amp; Real-World Applications</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students will learn to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the basic principle behind sequestration decision making problems and how to translate them into a formal model</li> <li>• compare and analyze methods different agents to search for policies</li> <li>• implement the presented methods in PyTorch,</li> <li>• discuss the social impact of applications that automate decision making</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Es handelt sich hier um eine Spezialisierungsvorlesung, eine erfolgreiche Absolvierung der Vorlesungen IntroPR" und/oder Pattern Recognition"/"Pattern Analysis" wird empfohlen. Konzepte, die in IntroPR" vermittelt werden, werden hier als Grundwissen vorausgesetzt.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. 2018. Reinforcement Learning: An Introduction. A Bradford Book, Cambridge, MA, USA.</li> <li>• Bellman, R.E. 1957. Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, NJ. Republished 2003: Dover, ISBN 0-486-42809-5.</li> <li>• Csaba Szepesvari and Ronald Brachman and Thomas Dietterich. 2010. Algorithms for Reinforcement Learning. Morgan and Claypool Publishers.</li> <li>• Warren B. Powell. 2011. Approximate Dynamic Programming. Wiley.</li> <li>• Maxim Lapan. 2020. Deep Reinforcement Learning Hands-On: Apply modern RL methods to practical problems of chatbots, robotics, discrete optimization, web automation, and more, 2nd Edition. Packt Publishing.</li> <li>• Dimitri P. Bertsekas. 2017. Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific.</li> <li>• Miguel Morales. 2020. grokking Deep Reinforcement Learning. Manning.</li> <li>• Laura Graesser and Keng Wah Loon. 2019. Foundations of Deep Reinforcement Learning: Theory and Practice in Python. Addison-Wesley Data &amp; Analytics.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44455	<b>Speech and Language Processing</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Speech and Language Understanding (2 SWS) Übung: Speech and Language Understanding Exercises (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Seung Hee Yang Alexander Barnhill Abner Hernandez Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Prof. Seung Hee Yang	
5	<b>Contents</b>	<p>Nach Behandlung der grundlegenden Mechanismen menschlicher Spracherzeugung und Sprachwahrnehmung gibt die Vorlesung eine detaillierte Einführung in (vornehmlich) statistisch orientierte Methoden der maschinellen Erkennung gesprochener Sprache. Schwerpunktthemen sind Merkmalgewinnung, Vektorquantisierung, akustische Sprachmodellierung mit Hilfe von Markovmodellen, linguistische Sprachmodellierung mit Hilfe stochastischer Grammatiken, prosodische Information sowie Suchalgorithmen zur Beschleunigung des Dekodiervorgangs.</p> <p>After focussing on of the basic mechanisms of human speech generation and speech perception the lecture gives a detailed introduction to (mainly) statistically oriented methods of automatic recognition of spoken language.</p> <p>Main topics are feature extraction, vector quantization, acoustic speech modeling with the help of Markov models, linguistic speech modeling with the help of stochastic grammars, prosodic information as well as search algorithms to speed up the decoding process.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Grundlagen der menschlichen Sprachproduktion und die akustischen Eigenschaften unterschiedlicher Phonemklassen</li> <li>• erklären den allgemeinen Aufbau eines Mustererkennungssystems</li> <li>• verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung in Bezug auf Sprachsignale</li> <li>• verstehen die Fourier-Transformation und mathematische Modelle der Sprachproduktion</li> <li>• verstehen harte und weiche Vektorquantisierungsmethoden</li> <li>• verstehen unüberwachtes Lernen (EM-Algorithmus)</li> <li>• verstehen Hidden Markov-Modelle (HMMs)</li> <li>• erklären stochastische Sprachmodelle</li> </ul> <p>The students</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the principles of human speech production and acoustic properties of the different phoneme classes</li> <li>• explain the general pipeline of a pattern recognition system</li> <li>• understand sampling, the sampling theorem, and quantization w.r.t. speech signals</li> <li>• understand Fourier transformation and mathematical models of speech production</li> <li>• understand hard and soft vector quantization methods</li> <li>• understand unsupervised learning (EM-algorithm)</li> <li>• understand Hidden Markov Models (HMMs)</li> <li>• explain stochastic language models</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niemann H.: Klassifikation von Mustern; Springer, Berlin 1983</li> <li>• Niemann H.: Pattern Analysis and Understanding; Springer, Berlin 1990</li> <li>• Schukat-Talamazzini E.G.: Automatische Spracherkennung; Vieweg, Wiesbaden 1995</li> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Rabiner L.R., Juang B.H.: Fundamentals of Speech Recognition; Prentice Hall, New Jersey 1993</li> </ul> </li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44481	<b>Visual Computing in Medicine</b> Visual computing in medicine	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Visual Computing in Medicine 1 (2 SWS) Vorlesung: Visual Computing in Medicine 2 (0 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Thomas Wittenberg PD Dr. Peter Hastreiter	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Thomas Wittenberg
5	<b>Contents</b>	<p>Die Flut und Komplexität medizinischer Bilddaten sowie die klinischen Anforderungen an Genauigkeit und Effizienz erfordern leistungsfähige wie auch robuste Konzepte der medizinischen Datenverarbeitung. Auf Grund der Vielfalt an Bildinformation und ihrer klinischen Relevanz spielt der Übergang von der Messung medizinischer Bilddaten (u.a. MRT, CT, PET) hin zur Analyse der Bildinhalte eine wichtige Rolle. Durch die visuelle Wiedergabe der abstrakten Daten können sowohl technische als auch medizinische Aspekte anschaulich und intuitiv verstanden werden. Aufbauend auf einem Regelkreis zur Verarbeitung medizinischer Bilddaten werden im ersten Teil (Visual Computing in Medicine I) die Eigenschaften medizinischer Bilddaten sowie grundlegende Methoden und Verfahren der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung im Zusammenhang vermittelt. Beispiele aus der Praxis erläutern den Bezug zur medizinischen Anwendung. Darauf aufbauend werden im zweiten Teil (Visual Computing in Medicine II) konkrete Lösungsansätze für die Diagnose und Therapieplanung komplexer Krankheitsbilder erläutert. Es wird gezeigt, wie grundlegende Methoden ausgewählt und zu praktisch anwendbaren Gesamtkonzepten zusammengefasst werden. An Beispielen wird der Bezug zu Strategien und Anforderungen in der industriellen Entwicklung und klinischen Anwendung hergestellt. Ergänzend werden komplexe Methoden der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung ausführlich besprochen.</p> <p>The flood and complexity of medical image data as well as the clinical need for accuracy and efficiency require powerful and robust concepts of medical data processing. Due to the diversity of image information and their clinical relevance the transition from imaging to medical analysis and interpretation plays an important role. The visual representation of abstract data allows understanding both technical and medical aspects in a comprehensive and intuitive way.</p> <p>Based on a processing pipeline for medical image data an overview of the characteristics of medical image data as well as fundamental methods and procedures for medical image analysis and visualization is given. Examples of clinical practice show the relation to the medical application.</p> <p>Based on VCMed1 the lecture VCMed2 discusses practical approaches for the diagnosis and therapy planning of complex diseases. It will be shown how fundamental methods are selected and integrated to practically applicable concepts. Examples demonstrate the relation to strategies and requirements in clinical practice and the industrial</p>





		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erhalten einen Überblick zu komplexen Krankheitsbildern als Grundlage für effektive und effiziente Lösungen</li> <li>• erwerben erweiterte Kenntnisse zur multimodalen Bildregistrierung mit nichtstarran Transformationen</li> <li>• erhalten vertieftes Wissen zu komplexen und aktuellen Themen der medizinischen Visualisierung (u.a. Integrationsverfahren, Transferfunktionen, Beschleunigungstechniken mit Grafikhardware)</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gain an insight into complex approaches to the treatment of important disease patterns from the point of view of medical application and specific solution strategies</li> <li>• learn the requirements and the linking of methods of medical image analysis and visualization for the processing of cardiological, neurological, oncological and radiotherapeutic questions</li> <li>• get an overview of complex disease pictures as a basis for effective and efficient solutions</li> <li>• acquire advanced knowledge to process multimodal image data using advanced methods</li> <li>• receive in-depth knowledge on complex and up-to-date topics of medical visualization (including integration procedures, transfer functions, acceleration techniques with graphics hardware)</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B. Preim, C. Botha: Visual Computing for Medicine, Morgan Kaufmann Verlag, 2013</li> <li>• B. Preim, D. Bartz: Visualization in Medicine - Theory, Algorithms, and Applications, Morgan Kaufmann Verlag, 2007</li> <li>• H. Handels: Medizinische Bildverarbeitung, Bildanalyse, Mustererkennung und Visualisierung für die computergestützte</li> </ul>

ärztliche Diagnostik und Therapie, Vieweg und Teubner Verlag, 2009

- P.M. Schlag, S. Eulenstein, Th. Lange: Computerassistierte Chirurgie, Elsevier Verlag, 2010
- E. Neri, D. Caramella, C. Bartolozzi: Image Processing in Radiology, Springer Verlag, 2008

# AI systems and applications

1	<b>Module name</b> 97008	<b>Advanced Design and Programming (5-ECTS)</b> Advanced design and programming (5-ECTS)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	<b>Contents</b>	<p>This course teaches principles and practices of advanced object-oriented design and programming. Dieser Kurs wird auf Deutsch gehalten. It consists of a weekly lecture with exercises, homework and self-study. This is a hands-on course and students should be familiar with their Java IDE. Students learn the following concepts:</p> <p>Class-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Method design</li> <li>• Class design</li> <li>• Classes and interfaces</li> <li>• Subtyping and inheritance</li> <li>• Implementing inheritance</li> <li>• Design by contract</li> </ul> <p>Collaboration-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Values vs. objects</li> <li>• Role objects</li> <li>• Type objects</li> <li>• Object creation</li> <li>• Collaboration-based design</li> <li>• Design patterns</li> </ul> <p>Component-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Error handling</li> <li>• Meta-object protocols</li> <li>• Frameworks and components</li> <li>• Domain-driven design</li> <li>• API evolution</li> </ul> <p>The running example is the photo sharing and rating software Wahlzeit, see <a href="https://github.com/dirkriehle/wahlzeit">https://github.com/dirkriehle/wahlzeit</a> . Class is held as a three hour session with a short break in between. Students should have a laptop ready with a working Java programming setup. Sign-up and further course information are available at <a href="https://adap.uni1.de">https://adap.uni1.de</a> - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible. The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students learn to recognize, analyze, and apply advanced concepts of object-oriented design and programming</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Students learn to work effectively with a realistic tool set-up, involving an IDE, configuration management, and a service hoster</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	INF-AuD or compatible / equivalent course
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>See <a href="https://adap.uni1.de">https://adap.uni1.de</a></li> </ul>

1	<b>Module name</b> 465562	<b>Advanced Programming Techniques</b> Advanced programming techniques (lecture and exercises)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Harald Köstler	
5	<b>Contents</b>	<p>Der Inhalt der Vorlesung besteht aus zahlreichen fortgeschrittenen C++-Themen, die ausgerichtet sind auf die richtige und effiziente Nutzung von C++ für eine professionelle Softwareentwicklung.</p> <p>The content of the lecture will consist of various topics of advanced C++ programming, aimed at teaching the proper and efficient usage of C++ for professional software development.</p> <p>These are basic language concepts, the newer standards (starting from C++11), object oriented programming in C++, static and dynamic polymorphism, template metaprogramming, and C++ idioms and design patterns.</p> <p>A good preparation for the lecture is the C++ primer book from S. Lippman et al. One should at least have several hundred hours of programming experience in C/C++ or any related object oriented programming language. Knowledge of basic concepts like pointers, references, inheritance and polymorphism is required.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b> Lernende können die grundlegenden Sprachkonstrukte in den verschiedenen C++ Standards wiedergeben. Students know the basic language constructs from different C++ standards.</p> <p><b>Verstehen</b> Lernende verstehen das C++ Objektmodell und können es mit anderen Programmiersprachen vergleichen. Students understand the C++ object model and are able to compare it to other programming languages.</p> <p><b>Anwenden</b> Lernenden können Standardalgorithmen in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren. Students can implement standard algorithms in an object oriented programming language.</p> <p><b>Analysieren</b> Lernende können gängige Design Patterns klassifizieren und deren Anwendbarkeit für bestimmte Probleme diskutieren. Students are able to classify common design patterns and to discuss their usability for certain problems.</p> <p><b>Evaluieren (Beurteilen)</b> Lernende können entscheiden, welches Software Design passend für eine bestimmte Aufgabe ist. Sie können auch den Implementierungsaufwand dafür abschätzen.</p>	

		<p>Students can decide, which software design fits for a certain task. They are also able to estimate the programming effort for it.</p> <p>Erschaffen</p> <p>Lernende entwickeln selbständig in einer Gruppe ein größeres Softwarepaket im Bereich Simulation und Optimierung.</p> <p>Students develop together in a group a larger software project in the area of simulation and optimization on their own.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211</p>
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 60 h</p> <p>Independent study: 165 h</p>
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Lippman: C++ Primer, Addison-Wesley</li> <li>• S. Meyers: Effective C++ Third Edition, Addison-Wesley</li> <li>• H. Sutter: Exceptional C++, Addison-Wesley</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 965820	<b>Approximate Computing</b> Approximate computing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Approximate Computing (0 SWS) Vorlesung: Approximate Computing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Pierre-Louis Sixdenier Khalil Esper Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	<b>Module coordinator</b>	Joachim Falk Prof. Dr. Oliver Keszöcze Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	<b>Contents</b>	<p>Approximate Computing denotes a quite young research area that exploits the fact and capability of many applications and systems to tolerate imprecision and/or inexactness of computed results. Prominent areas of applications and novel techniques of computing approximate rather than exact results have brought up new implementations either at hardware and/or software levels for important emergent workloads such as searching, mining, image processing, and data retrieval.</p> <p>Although hardware technology is improving at a fast pace, energy and power are becoming more and more important constraints apart from exactly computing results in an acceptable amount of time. The main goals of approximate computing techniques are therefore to exploit the possible trade-off between power/energy consumption, accuracy, performance, and/or cost, e.g., utilized hardware resources.</p> <p>The purpose of the course approximate computing is to instruct students about the main ideas and concepts of approximate computing. This includes analyzing the trade-off between energy consumption, accuracy, run-time and hardware costs, concrete approximating techniques (e.g. approximate hardware synthesis, approximating algorithms) as well as theoretical background (determining the computational error and its complexity).</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The students know the principles and benefits of Approximate Computing and when it is applicable.</li> <li>The students know multiple error metrics and their semantic meaning.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The students understand the difference between the error metrics.</li> <li>The students understand the principle of function falsification.</li> <li>The students can apply the presented approximation techniques.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The students are capable of choosing the appropriate approximation technique based on given requirements.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1

9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/approximate-computing">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/approximate-computing</a></p>

1	<b>Module name</b> 44445	<b>Cognitive Neuroscience for AI Developers</b> Cognitive neuroscience for AI developers	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Cognitive Neuroscience for AI Developers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. rer. nat. Patrick Krauß Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Dr. rer. nat. Achim Schilling	

4	<b>Module coordinator</b>		
5	<b>Contents</b>	<p>Neuroscience has played a key role in the history of artificial intelligence (AI), and has been an inspiration for building human-like AI, i.e. to design AI systems that emulate human intelligence.</p> <p>Neuroscience provides a vast number of methods to decipher the representational and computational principles of biological neural networks, which can in turn be used to understand artificial neural networks and help to solve the so called black box problem. This endeavour is called neuroscience 2.0 or machine behaviour. In addition, transferring design and processing principles from biology to computer science promises novel solutions for contemporary challenges in the field of machine learning. This research direction is called neuroscience-inspired artificial intelligence.</p> <p>The course will cover the most important works which provide the cornerstone knowledge to understand the biological foundations of cognition and AI, and applications in the areas of AI-based modelling of brain function, neuroscience-inspired AI and reverse-engineering of artificial neural networks.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the principles of neural information processing in the brain</li> <li>• compare and analyze methods from neuroscience to study neural networks</li> <li>• explain the neuroscientific underpinnings of artificial intelligence</li> <li>• explain principles and concepts of cognitive science</li> <li>• explain principles and concepts of neuroscience</li> <li>• compare and analyze machine learning methods to analyze neural data</li> <li>• explain approaches from deep learning to model brain function</li> <li>• discuss the commonalities of neuroscience and artificial intelligence</li> <li>• implement the presented methods in Python</li> <li>• explain concepts from cognitive neuroscience for the design of artificial intelligence systems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	

9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Gazzaniga, Michael. Cognitive Neuroscience - The Biology of the Mind. W. W. Norton & Company, 2018.  Ward, Jamie. The Student's Guide to Cognitive Neuroscience. Taylor & Francis Ltd., 2019.  Bermúdez, José Luis. Cognitive Science: An Introduction to the Science of the Mind. Cambridge University Press, 2014.  Friedenberg, Jay D., and Silverman, Gordon W. Cognitive Science: An Introduction to the Study of Mind. SAGE Publications, Inc., 2015.  Gerstner, Wulfram, et al. Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press, 2014.

1	<b>Module name</b> 93109	<b>Computational Magnetic Resonance Imaging</b> Computational magnetic resonance imaging	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Florian Knoll	
5	<b>Contents</b>	<p>Computational Magnetic Resonance Imaging provides a deeper look into computational and machine learning methods for the inverse problem of MRI data acquisition and image reconstruction. It is organized as a series of lectures with accompanying programming exercises. In the exercises, students will use Matlab or Python and PyTorch to implement and test the different methods discussed in class. Topics covered will include but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recap of MR signal and encoding, Fourier imaging</li> <li>• Introduction to the inverse problem of imaging</li> <li>• Partial Fourier imaging</li> <li>• Parallel imaging</li> <li>• Compressed sensing</li> <li>• Machine Learning in MRI</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After completing this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the theory and algorithms of MR data acquisition and image reconstruction</li> <li>• Apply them themselves in real-world MR imaging tasks</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	<p>AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211</p>	
10	<b>Method of examination</b>	<p>Tutorial achievement Variable</p>	
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Tutorial achievement (0%) Variable (100%)</p>	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 60 h Independent study: 90 h</p>	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<p>Z.P. Liang. Constrained Reconstruction Methods in MR Imaging.  <a href="http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf">http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf</a></p>	

D. Nishimura. Principles of Magnetic Resonance Imaging. <https://www.lulu.com/en/us/shop/dwight-nishimura/principles-of-magnetic-resonance-imaging/paperback/product-1nqdq4j2.html?page=1&pageSize=4>

M. Bernstein. Handbook of MRI Pulse Sequences. <https://www.amazon.com/Handbook-Pulse-Sequences-Matt-Bernstein/dp/0120928612>

1	<b>Module name</b> 43386	<b>Computational Photography and Capture</b> Computational photography and capture	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Tutorials to Computational Photography and Capture (2 SWS) Vorlesung: Computational Photography and Capture (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Vanessa Klein Muhammad Sohail	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tim Weyrich	
5	<b>Contents</b>	<p>Never in human history have we been able to record so much of our environment in so little time with such high quality. Since the rise of smartphones, nearly everyone carries a powerful camera with them in their daily lives.</p> <p>This module introduces the theoretical and practical aspects of modern photography and capture algorithms: universal models of colour, computer-controlled cameras, lighting and shape capture.</p> <p>The module covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cameras, sensors and colour</li> <li>• Image processing (e.g., blending, warping)</li> <li>• Radiometry</li> <li>• Appearance acquisition</li> <li>• Structured-light 3D acquisition</li> <li>• Image-based and video-based rendering</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... know the basic vocabulary of computational photography</li> <li>• ... understand principles of light transport in natural scenes</li> <li>• ... understand principles of digital image formation</li> <li>• ... understand how computational-photography algorithms can exploit knowledge of these principles to transcend the capabilities of traditional photograph</li> <li>• ... apply image-processing algorithms to analyse and transform images</li> <li>• ... apply acquisition algorithms to capture appearances and 3D scene</li> <li>• ... develop their own software prototypes to capture and process digital images</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (30 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h	

		Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 93173	<b>Computational Visual Perception</b> Computational visual perception	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	<b>Contents</b>	<p>How do humans perceive the visual world? How can we build computational models to mimic this human perception? And how can we validate those computational models? This course is designed as an introduction to enable you to build computational models for human visual perception. It will therefore provide an introduction into the human visual system building on the course on cognitive neuroscience for AI developers. You will learn how the human eye and brain process visual input and what we currently know about the ventral visual stream. We will look at computational models for all different levels of visual processing and discuss how well they measure behavioral data. This lecture is designed to be at the intersection of Computer Science (Computer Vision and Graphics) and Cognitive Neuroscience. After an initial introductory phase, you will in small teams (1-3 students) perform a project to build prototypes for computational models for visual processing, reproduce recent scientific results or experiment with existing models.</p> <p>In addition to the project phase we will read and discuss recent research papers studying potential computational models and investigate how we can evaluate computational models.</p> <p>Please sign up via studon</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>By the end of this course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describe the basic processing steps of visual input in the human brain</li> <li>• Build a computational model for a known processing step</li> <li>• Read recent papers in the discipline and design a follow-up experiment</li> <li>• Choose/design and conduct a small research project</li> <li>• Choose adequate methods to evaluate a computational model</li> <li>• Work in and manage projects</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written (100%)

12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 333815	<b>Rechnerarchitektur (Vorlesung mit Übung und Rechnerübung)</b> Computer architecture	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung werden eine Tafel- und eine Rechnerübung angeboten. Die Rechnerübung erfordert 11 erfolgreich abgeschlossene Übungsaufgaben, diese gehen mit 10% in die Modulgesamtnote ein. Die verbleibenden 90% werden durch die mündliche Prüfung bestimmt. Insgesamt werden 7,5 ECTS erworben. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren</li> <li>• Behandlung von Hazards in Pipelines</li> <li>• Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage</li> <li>• Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz</li> <li>• Ausnutzen von Cacheeffekten</li> <li>• Architekturen von Digitalen Signalprozessoren</li> <li>• Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V)</li> <li>• Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner)</li> <li>• Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA)</li> <li>• Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen</p>	

		<p>Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben.</p> <p>Anwenden Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen.</p> <p>Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterscheide gegenüberstellen und gegeneinander bewerten.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design</li> <li>• Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach</li> <li>• Stallings: Computer Organization and Architecture</li> <li>• Märtin: Rechnerarchitekturen</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 798810	<b>Rechnerarchitektur</b> Computer architecture	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung wird eine Tafelübung angeboten. Mit erfolgreicher mündlicher Prüfung können 5 ECTS erworben werden. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren</li> <li>• Behandlung von Hazards in Pipelines</li> <li>• Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage</li> <li>• Fortgeschrittenen Cachetechniken, Cache-Kohärenz</li> <li>• Ausnutzen von Cacheeffekten</li> <li>• Architekturen von Digitalen Signalprozessoren</li> <li>• Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V)</li> <li>• Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner)</li> <li>• Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA)</li> <li>• Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie kennen konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden</p>	

		<p>Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen.</p> <p>Analysieren</p> <p>Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterscheide gegenüberstellen und gegeneinander bewerten.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <p>Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design</li> <li>• Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach</li> <li>• Stallings: Computer Organization and Architecture</li> <li>• Märtin: Rechnerarchitekturen</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 743260	<b>Verteilte Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b> Distributed systems (lecture with extended exercises)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verteilte Systeme (2 SWS)	- 5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Tobias Distler Harald Böhm Laura Lawniczak	

4	<b>Module coordinator</b>	Tobias Distler
5	<b>Contents</b>	<p>Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.</p> <p>Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.</p> <p>Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet. Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis</p>

		<p>weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.</li> <li>• untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.</li> <li>• vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.</li> <li>• konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.</li> <li>• entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.</li> <li>• bewerten die Serialisierungsroutinen von Java RMI.</li> <li>• erproben die manuelle Serialisierung von Nachrichten.</li> <li>• bewerten die Performanz des eigenen Fernaufrufsystems.</li> <li>• gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many, At-Most-Once) für das eigene Fernaufrufsystem.</li> <li>• beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.</li> <li>• klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).</li> <li>• vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.</li> <li>• illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.</li> <li>• erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.</li> <li>• unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.</li> <li>• gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.</li> <li>• entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.</li> <li>• bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>• können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 604896	<b>Eingebettete Systeme (Vorlesung mit Übungen)</b> Embedded systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	<b>Contents</b>	<p>Schwerpunkt des Moduls ist der Entwurf und die Implementierung eingebetteter Systeme unter Einsatz formaler Methoden und rechnergestützter Entwurfsverfahren.</p> <p>Unter eingebetteten Systemen versteht man Rechensysteme, die auf einen Anwendungsbereich zugeschnitten (z.B. mobile Kommunikationsgeräte, Chipkartensysteme, Industriesteuerungen, Unterhaltungselektronik, Medizintechnik) und in einen technischen Kontext eingebunden sind. Das große Interesse am systematischen Entwurf von heterogenen eingebetteten Systemen ist verursacht durch die steigende Vielfalt und Komplexität von Anwendungen für eingebettete Systeme, die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken sowie durch Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Methoden).</p> <p><b>Content:</b> <i>The focus of this module is the design and implementation of embedded systems using formal methods and computer-aided design techniques. Embedded systems are computing systems tailored for a particular application (e.g., mobile communication devices, smart card systems, industrial control, consumer electronics, medical technology) and integrated into a technical context. The keen interest in the systematic design of heterogeneous embedded systems is driven by the increasing diversity and complexity of embedded system applications, the need to reduce design and test costs, and advances in key technologies (microelectronics, formal methods).</i></p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden setzen sich mit einem aktuellen Forschungsgebiet auseinander. The students deal with a current field of research.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte des Entwurfs eingebetteter Systeme. The students become familiar with the fundamental concepts of designing of embedded systems.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an zur Analyse und Optimierung von Hardware-Architekturen und Echtzeit-Softwaresystemen. The students apply basic algorithms to analyze and optimize hardware architectures and real-time software systems.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden erfassen den Hardware/Software-Entwurf von Systemen mit harten Beschränkungen. The students understand the hardware/software design of hard-constrained systems.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl der Module „Eingebettete Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)“ und „Eingebettete Systeme“ aus.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>Empfohlenes Buch zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li> </ul> <p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/eingebettete-systeme/">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/eingebettete-systeme/</a></p>

1	<b>Module name</b> 773774	<b>Eingebettete Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b> Embedded systems	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul, Eingebettete Systeme mit erweiterter Übung, thematisiert den Entwurf und die Implementierung eingebetteter Systeme unter Einsatz formaler Methoden und rechnergestützter Entwurfsverfahren. Unter eingebetteten Systemen versteht man Rechensysteme, die auf einen Anwendungsbereich zugeschnitten (z.B. mobile Kommunikationsgeräte, Chipkartensysteme, Industriesteuerungen, Unterhaltungselektronik, Medizintechnik) und in einen technischen Kontext eingebunden sind. Das große Interesse am systematischen Entwurf von heterogenen eingebetteten Systemen ist verursacht durch die steigende Vielfalt und Komplexität von Anwendungen für eingebettete Systeme, die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken sowie durch Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Methoden).</p> <p><b>Content:</b> <i>The focus of this module is the design and implementation of embedded systems using formal methods and computer-aided design techniques. Embedded systems are computing systems tailored for a particular application (e.g., mobile communication devices, smart card systems, industrial control, consumer electronics, medical technology) and integrated into a technical context. The keen interest in the systematic design of heterogeneous embedded systems is driven by the increasing diversity and complexity of embedded system applications, the need to reduce design and test costs, and advances in key technologies (microelectronics, formal methods).</i></p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz - Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden setzen sich mit einem aktuellen Forschungsgebiet auseinander. The students deal with a current field of research.</li> <li>In den erweiterten Übungen lernen die Studierenden aktuelle Entwurfswerkzeuge für die Architektursynthese (Hardware) und Softwaresynthese vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls kennen. In the extended exercises, the students learn about current design tools for architecture synthesis (hardware) and software synthesis on-site at the chair's computer workstations.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte des Entwurfs eingebetteter Systeme. The students become familiar</li> </ul>	

		<p>with the fundamental concepts of designing of embedded systems.</p> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an zur Analyse und Optimierung von Hardware-Architekturen und Echtzeit-Softwaresystemen. The students apply basic algorithms to analyze and optimize hardware architectures and real-time software systems.</li> <li>Die Studierenden erfassen den Hardware/Software-Entwurf von Systemen mit harten Beschränkungen. The students understand the hardware/software design of hard-constrained systems.</li> <li>Die Studierenden wenden aktuelle Entwurfswerkzeuge, die auf den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls installiert sind, an, um damit die Aufgaben der erweiterten Übungen unter Anleitung zu lösen. The students apply current design tools installed on the chair's computer workstations to solve the tasks of the extended exercises with the help of instructions.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden lernen aktuelle Entwurfswerkzeuge für die Architektursynthese (Hardware) und Softwaresynthese kennen bei der kooperativen Bearbeitung der erweiterten Übung in Gruppen. The students learn about current design tools for architecture synthesis (hardware) and software synthesis by processing the extended exercises in groups cooperatively.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl der Module „Eingebettete Systeme“ und „Eingebettete Systeme (Vorlesung mit Übungen)“ aus.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>Empfohlenes Buch zur Begleitung und Vertiefung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6</li> </ul>

Weitere Informationen:

<https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/eingebettete-systeme/>

1	<b>Module name</b> 645618	<b>Human Computer Interaction</b> Human computer interaction	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Ann-Kristin Seifer Madeleine Flaucher Prof. Dr. Björn Eskofier Syrine Slim	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul vermittelt Konzepte, Prinzipien, Modelle, Methoden und Techniken für die effektive Entwicklung von benutzerfreundlichen Mensch-Computer-Schnittstellen. Das Thema moderner Benutzungsschnittstellen wird dabei für klassische Computer aber auch für mobile Geräte, eingebettete Systeme, Automobile und intelligente Umgebungen betrachtet.</p> <p>Die folgenden Themen werden im Modul behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung</li> <li>• Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme</li> <li>• Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers</li> <li>• Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides</li> <li>• Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme</li> <li>• Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen</li> <li>• Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge</li> <li>• Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten</li> <li>• Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung</li> </ul> <p>Contents: The module aims to teach basic knowledge of concepts, principles, models, methods and techniques for developing highly user-friendly Human-Computer Interfaces. Beyond traditional computer systems, modern user interfaces are also discussed in the context of automobile and intelligent environments, mobile devices and embedded systems. This module addresses the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to the basics of Human-Computer Interaction</li> <li>• Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users</li> <li>• Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides</li> <li>• In- and output devices, design space for interactive systems</li> <li>• Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces</li> <li>• Prototypic implementation of interactive systems</li> <li>• Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components</li> <li>• Acceptance, evaluation methods and quality assurance</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion.</li> <li>• Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile.</li> <li>• Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen.</li> <li>• Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten.</li> <li>• Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt.</li> </ul> <p>Learning Objectives and Competences:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction.</li> <li>• They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages.</li> <li>• Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction.</li> <li>• Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user.</li> <li>• Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination Electronic exam (in presence), 90min
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester



13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47623	<b>Human-Robot Co-Adaptation</b> Human-robot co-adaptation	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to user studies: designing them; carrying them out; statistical tools to evaluate them</li> <li>• human-robot interaction, with specific focus upon rehabilitation and assistive robotics (prosthetics, exoskeletons, walking aids);</li> <li>• intent detection, somatosensory feedback and sensory substitution;</li> <li>• measurement of relevant changes in the user's behaviour and signals and in the robotic artefact;</li> <li>• co-adaptation and the related clinical perspective.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students who have followed the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have a broad understanding of the concept of co-adaptation</li> <li>• can conceive and design an intent-detection + feedback system which will potentially induce co-adaptation</li> <li>• can then analyse the data, both offline and online</li> </ul> <p>can tackle previously unknown problems</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; mid-level programming (Python, C# or similar); fundamentals of experimental psychology.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>[2015]</b> A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener</p> <p><b>[2016]</b> Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction, C. Castellini.</p>	

**[2016]** New developments in prosthetic arm systems, I. Vujaklija, D. Farina and O.C. Aszmann.

**[2017]** Hahne, J. M., Markovic, M., & Farina, D. (2017). User adaptation in Myoelectric Man-Machine Interfaces. Scientific Reports, 7.

**[2021]** Farina, D., et al. (2021). Toward higher-performance bionic limbs for wider clinical use. Nature biomedical engineering.

1	<b>Module name</b> 92358	<b>Inertial Sensor Fusion</b> Inertial sensor fusion	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Thomas Seel
5	<b>Contents</b>	<p>This module is concerned with inertial sensor technologies and sensor fusion methods for motion tracking of aerial/ground/water vehicles, robotic systems and human body segments. Participants will become familiar with the design and application of methods and algorithms for sensor fusion and analysis of inertial measurement data. This includes methods to estimate the orientation and position of moving objects in three-dimensional space as well as methods for calculating joint angles or segmenting human motion. Since most of the considered applications are feedback-controlled systems, the course focuses on real-time-capable algorithms. The methods will be applied to application data during designated computer exercises that are integrated into the course.</p> <p>Topics include, but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic principles of gyroscopes, accelerometers and magnetometers</li> <li>• Error characteristics of MEMS-based inertial measurement units</li> <li>• Application: Gait phase detection by foot-worn inertial sensors</li> <li>• Quaternions and other representations of 3D rotations</li> <li>• Orientation estimation from inertial measurement data</li> <li>• Application: Position tracking/retrieval of an unmanned aerial vehicle</li> <li>• Joint angle estimation from inertial measurement data</li> <li>• Application: Real-time motion tracking of a robotic actuator</li> <li>• Kalman filtering methods for linear and nonlinear systems</li> <li>• Probabilistic sensor fusion and Bayesian state estimation</li> <li>• Identification of kinematic parameters from inertial measurement data</li> <li>• Application: Human body motion tracking by wearable inertial sensors</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to employ inertial sensor technologies and sensor fusion methods for applications in research and industry.</li> <li>• They are capable of understanding and handling the complexity of inertial sensor data and have command of a versatile set of methods for real-time processing of inertial measurements.</li> <li>• They are able to track the orientation and position of an unmanned aerial vehicle.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• They are able to track the motion of multi-link kinematic chains, e.g. robotic actuators or human limbs, in three dimensional space.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Participants should be familiar with fundamentals of linear algebra. It is advantageous but not required to have some prior knowledge on linear dynamic systems or basic probability theory.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Woodman, O.J. An Introduction to Inertial Navigation; University of Cambridge, Computer Laboratory: Cambridge, UK, 2007.</li> <li>• T. Seel, M. Kok, R. McGinnis, "Inertial Sensors Applications and Challenges in a Nutshell", Sensors 2020, 20, 6221.</li> <li>• M. Kok, J. D. Hol, and T. B. Schön, "An optimization-based approach to human body motion capture using inertial sensors, IFAC Proceedings Volumes, vol. 47, no. 3, pp. 7985, Jan. 2014.</li> <li>• B. Taetz, G. Bleser, and M. Miezal, "Towards self-calibrating inertial body motion capture, in 2016 19th International Conference on Information Fusion (FUSION), Jul. 2016, pp. 17511759.</li> <li>• D. Lehmann, D. Laidig, and T. Seel, "Magnetometer-free motion tracking of one-dimensional joints by exploiting kinematic constraints, Proceedings on Automation in Medical Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 027027, 2020.</li> <li>• D. Laidig, D. Lehmann, M.-A. Bégin, and T. Seel, "Magnetometer-free realtime inertial motion tracking by exploitation of kinematic constraints in 2-dof joints, 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp. 12331238, 2019.</li> <li>• M. Caruso, A.M. Sabatini, D. Laidig, T. Seel, M. Knaflitz, U. DellaCroce, A. Cereatti. Analysis of the Accuracy of Ten Algorithms for Orientation Estimation Using Inertial and Magnetic Sensing under Optimal Conditions: One Size Does Not Fit All. Sensors, 21 (7):2543, 2021.</li> <li>• E. A. Wan and R. Van Der Merwe, "The unscented kalman filter for nonlinear estimation, in Proceedings of the IEEE 2000</li> </ul>

Adaptive Systems for Signal Processing, Communications, and Control Symposium (Cat. No.00EX373), Oct 2000, pp. 153158.

- J. Steinbring and U. D. Hanebeck, "S2kf: The smart sampling kalman filter, in Proceedings of the 16th International Conference on Information Fusion, 2013, pp. 20892096.
- A. Solin, S. Särkkä, J. Kannala, and E. Rahtu, "Terrain navigation in the magnetic landscape: Particle filtering for indoor positioning, 05 2016, pp. 19.

1	<b>Module name</b> 299892	<b>Informationsvisualisierung</b> Information visualization	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Informationsvisualisierung (2 SWS) Übung: Übung zur Informationsvisualisierung (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Roberto Grosso	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Roberto Grosso
5	<b>Contents</b>	<p>Aufgrund der rasanten Entwicklung der Informationstechnologie sind wir mit einer noch nie dagewesenen Flut an Daten konfrontiert. Informationsvisualisierung befasst sich mit der graphischen Darstellung abstrakter Daten, die keine räumliche Struktur aufweisen. Die Visualisierung abstrakter Daten nutzt visuelle Metaphern und Interaktion, um Information aus den Daten zu extrahieren. Typische Anwendungsszenarien sind die Analyse von Finanztransaktionen oder sozialen Netzwerken, Geographie, Textanalyse oder Visualisierung von Software-Quellcode.</p> <p>In dieser Vorlesung werden unterschiedliche Techniken vorgestellt, um verschieden Arten von Daten zu visualisieren.</p> <p>Insbesondere werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Graphen und Netzwerke</li> <li>• Dynamische Graphen</li> <li>• Hierarchien und Bäume</li> <li>• Multivariate Daten</li> <li>• Time-Series Daten</li> <li>• Textvisualisierung</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zählen Datentypen der Informationsvisualisierung auf</li> <li>• nennen Techniken zur Visualisierung unterschiedlicher Datentypen der Informationsvisualisierung</li> <li>• beschreiben Anwendungsfällen für die unterschiedlichen Datentypen der Informationsvisualisierung</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Algorithmen der Informationsvisualisierung dar und erläutern ihre Eigenschaften, Vorteile und Nachteile</li> <li>• illustrieren Techniken zu Auswertung und Analyse von Daten der Informationsvisualisierung</li> <li>• implementieren die vorgestellten Algorithmen in JavaScript</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden Algorithmen zur Visualisierung unterschiedlichen Daten an</li> <li>• erklären und charakterisieren Techniken der Informationsvisualisierung</li> <li>•</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klassifizieren Algorithmen zur Visualisierung multivariater Daten, Netzwerke, Hierarchien und Text und erklären ihrer Funktionsweise</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>erkunden die Effizienz der vorgestellten Algorithmen für unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten</li> </ul> <p>Evaluieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bewerten Anwendbarkeit und Performance spezieller Algorithmen der Informationsvisualisierung</li> <li>vergleichen Methoden zur Analyse und Auswertung von Daten der Informationsvisualisierung</li> <li>überprüfen die Anwendbarkeit der diskutierten Techniken für unterschiedliche, speziell ausgewählten Fälle</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Die Programmieraufgaben werden in JavaScript implementiert.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination with multiple choice (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination with multiple choice (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Information Visualization</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Robert Spence: Information Visualization: Design for Interaction</li> <li>Stuart K. Card, Jock Mackinlay, Ben Shneiderman: Readings in Information Visualization – Using Vision to Think</li> <li>Benjamin B. Bederson, Ben Shneiderman: The Craft of Information Visualization – Readings and Reflections</li> <li>Tamara Munzner: Visualization Analysis and Design</li> <li>Colin Ware: Information Visualization, Perception for Design (third edition)</li> <li>Ricardo Mazza: Introduction to Information Visualization</li> <li>Robert Spence: Information Visualization - An Introduction</li> </ul> <p>Networks / Graphs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Graph Theory, Reinhard Diestel</li> <li>Graphentheorie, Peter Tittmann</li> <li>Graphs, Networks and Algorithms, Dieter Jungnickel</li> </ul> </li> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Networks, 2nd Edition, Mark Newman</li> <li>Graph Theory and Complex Networks: An Introduction, Maarten van Steen</li> </ul> </li> </ul>



1	<b>Module name</b> 47616	<b>Intent Detection and Feedback</b> Intent detection and feedback	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Intent Detection and Feedback (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. rer. nat. Sabine Thürauf Prof. Dr. Claudio Castellini	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to the problems of intent detection and somatosensory feedback: motivation, taxonomy, historical background.</li> <li>• Intent detection: theory and philosophical issues; defining the problem and the ground truth; success metrics; signals for intent detection; sensors for intent detection; feature extraction; applications of machine learning to the problem.</li> <li>• Somatosensory feedback: theory and physiology; sensory substitution; embodiment and agency induced by it; modalities of actuation; practical issues and metrics of performance.</li> <li>• Intent detection and somatosensory feedback in prosthetics: usefulness, success and challenges.</li> <li>• Intent detection and somatosensory feedback in rehabilitation and exoskeletons: usefulness, success and challenges.</li> <li>• Intent detection and somatosensory feedback in gaming and non-reha fields.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students who have followed the module</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have a broad understanding of intent detection and somatosensory feedback, especially in the frame of Rehabilitation and Assistive Robotics</li> <li>• can conceive and design a research project in the related subfield of the subject</li> <li>• have knowledge about the clinical and industrial situation of intent detection and feedback, especially including the problems and challenges of each technique and method</li> <li>• can tackle previously unknown problems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; mid-level programming Python, C# or similar; fundamentals of experimental psychology	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović.</li> <li>• [2012] Control of Upper Limb Prostheses: Terminology and Proportional Myoelectric Control A Review, A. Fougner, Ø. Stavadahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier and P. A. Parker.</li> <li>• [2015] Michael R Tucker et al., Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review, JNER 12:1</li> <li>• [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener</li> <li>• [2016] Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction, C. Castellini.</li> <li>• [2018] JA Spanias, AM Simon, SB Finucane, EJ Perreault and LJ Hargrove, Online adaptive neural control of a robotic lower limb prosthesis, J Neural Eng. 15(1)</li> <li>• [2020] Jacob Rosen and Peter Walker Ferguson (eds.), Wearable Robotics Systems and Applications, Academic Press Elsevier</li> <li>• [2021] Michele Xiloyannis, Ryan Alicea, Anna-Maria Georgarakis, Florian L. Haufe, Peter Wolf, Lorenzo Masia and Robert Riener, Soft robotic suits: State of the art, core technologies and open challenges, IEEE Transactions on Robotics</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 722831	<b>Middleware - Cloud Computing (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b> Lecture and advanced tutorial: Middleware - Cloud computing	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Tobias Distler	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick Cloud Computing</li> <li>• Grundlagen verteilter Programmierung (Web Services/SOAP/REST)</li> <li>• Virtualisierung als Basis für Cloud Computing</li> <li>• Infrastructure as a Service (IaaS) am Beispiel von Eucalyptus und Amazon EC2</li> <li>• Skalierbare Verarbeitung von großen Datenmengen</li> <li>• Interoperabilität und Multi-Cloud Computing</li> <li>• Fehlertoleranz im Kontext von Cloud Computing</li> <li>• Aktuelle Forschungstrends</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nennen unterschiedliche Ausprägungen von Cloud-Computing.</li> <li>- erläutern verschiedene Cloud-Architekturen.</li> <li>- stellen Vor- und Nachteile von Cloud-Computing gegenüber.</li> <li>- unterscheiden die Herangehensweisen bei der Entwicklung von SOAP- im Vergleich zu REST-Anwendungen.</li> <li>- organisieren den Austausch von Informationen in einer verteilten Anwendung unter Verwendung eines Verzeichnisdienstes.</li> <li>- entwickeln eigene auf Web-Services basierende Anwendungen.</li> <li>- bewerten die Vor- und Nachteile der Bündelung von Nachrichten beim Aufruf von Web-Services.</li> <li>- erläutern die Anforderungen an ein virtualisiertes System.</li> <li>- beschreiben die für die Virtualisierung eines Systems erforderlichen Kriterien.</li> <li>- vergleichen zwischen unterschiedlichen Virtualisierungstechniken und -ebenen.</li> <li>- schildern den Aufbau und die Funktionsweise von Xen und Linux-VServer.</li> <li>- erproben das Einrichten eines Abbilds für eine virtuelle Maschine.</li> <li>- skizzieren die Architektur einer Infrastruktur-Cloud sowie die Aufgabenbereiche hierfür zentraler Komponenten am Beispiel von Eucalyptus.</li> <li>- erproben das Bereitstellen von Anwendungen in einer Infrastruktur-Cloud.</li> <li>- zeigen die Grundlagen Software-definierter Netzwerke am Beispiel von Onix und B4 auf.</li> <li>- bewerten verschiedene im Bereich Cloud-Computing zum Einsatz kommende Datenspeichersysteme (Google File System, Bigtable,</li> </ul>	

		<p>Windows Azure Storage, Amazon Dynamo) hinsichtlich der Kriterien Verfügbarkeit, Konsistenz und Partitionstoleranz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erläutern eine auf Vektoruhren basierende Methode zur Auflösung im Zusammenhang mit letztendlicher Konsistenz auftretender Konflikte.</li> <li>- entwickeln ein verteiltes, repliziertes Dateisystem nach dem Vorbild von HDFS, das auf die hierarchische Speicherung großer Datenmengen ausgelegt ist.</li> <li>- erkunden das Bereitstellen selbst entwickelter Dienste mittels Docker.</li> <li>- erstellen ein Framework zur parallelen Bearbeitung von Daten nach dem Vorbild von MapReduce.</li> <li>- konzipieren eigene MapReduce-Anwendungen zur Verarbeitung strukturierter bzw. unstrukturierter Rohdaten.</li> <li>- diskutieren die Fehlertoleranzmechanismen in Google MapReduce.</li> <li>- schildern die grundsätzliche Funktionsweise von Systemen zur Kühlung von Datenzentren mittels Umgebungsluft.</li> <li>- beschreiben das Grundkonzept einer temperaturabhängigen Lastverteilung von Prozessen in einem Datenzentrum.</li> <li>- stellen diverse Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz von MapReduce-Clustern gegenüber.</li> <li>- unterscheiden die Architekturen und Funktionsweisen der Koordinierungsdienste Chubby und ZooKeeper.</li> <li>- entwickeln einen eigenen Koordinierungsdienst nach dem Vorbild von ZooKeeper.</li> <li>- ermitteln die Konsistenzeigenschaften der eigenen Koordinierungsdienstimplementierung.</li> <li>- erläutern unterschiedliche Ansätze zur Reduzierung bzw. Tolerierung von Tail-Latenz.</li> <li>- skizzieren das Grundkonzept von Erasure-Codes.</li> <li>- beschreiben den Aufbau eines auf die Clouds mehrerer Anbieter gestützten Datenspeichersystems.</li> <li>- erläutern den Einsatz passiver Replikation zur Bereitstellung von Fehlertoleranzmechanismen für virtuelle Maschinen am Beispiel von Remus.</li> <li>- schildern die Grundlagen der Migration von virtuellen Maschinen.</li> <li>- bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>- erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>- können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>- können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>- können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> <li>- reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 649073	<b>Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen)</b> Lecture and tutorial: Distributed systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Übung: Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verteilte Systeme (2 SWS)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Tobias Distler Harald Böhm Laura Lawniczak	

4	<b>Module coordinator</b>	Tobias Distler	
5	<b>Contents</b>	<p>Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.</p> <p>Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.</p> <p>Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet.</p>	

		<p>Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.</li> <li>• untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.</li> <li>• vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.</li> <li>• konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.</li> <li>• entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.</li> <li>• gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem.</li> <li>• beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.</li> <li>• klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).</li> <li>• vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.</li> <li>• illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.</li> <li>• erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.</li> <li>• unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.</li> <li>• gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.</li> <li>• entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.</li> <li>• bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>• erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>• können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>• können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>• können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 557235	<b>Middleware - Cloud Computing (Vorlesung mit Übungen)</b> Lecture and tutorial: Middleware - Cloud computing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Tobias Distler	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick Cloud Computing</li> <li>• Grundlagen verteilter Programmierung (Web Services/SOAP/REST)</li> <li>• Virtualisierung als Basis für Cloud Computing</li> <li>• Infrastructure as a Service (IaaS) am Beispiel von Eucalyptus und Amazon EC2</li> <li>• Skalierbare Verarbeitung von großen Datenmengen</li> <li>• Interoperabilität und Multi-Cloud Computing</li> <li>• Fehlertoleranz im Kontext von Cloud Computing</li> <li>• Aktuelle Forschungstrends</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nennen unterschiedliche Ausprägungen von Cloud-Computing.</li> <li>- erläutern verschiedene Cloud-Architekturen.</li> <li>- stellen Vor- und Nachteile von Cloud-Computing gegenüber.</li> <li>- unterscheiden die Herangehensweisen bei der Entwicklung von SOAP- im Vergleich zu REST-Anwendungen.</li> <li>- organisieren den Austausch von Informationen in einer verteilten Anwendung unter Verwendung eines Verzeichnisdienstes.</li> <li>- entwickeln eigene auf Web-Services basierende Anwendungen.</li> <li>- erläutern die Anforderungen an ein virtualisiertes System.</li> <li>- beschreiben die für die Virtualisierung eines Systems erforderlichen Kriterien.</li> <li>- vergleichen zwischen unterschiedlichen Virtualisierungstechniken und -ebenen.</li> <li>- schildern den Aufbau und die Funktionsweise von Xen und Linux-VServer.</li> <li>- erproben das Einrichten eines Abbilds für eine virtuelle Maschine.</li> <li>- skizzieren die Architektur einer Infrastruktur-Cloud sowie die Aufgabenbereiche hierfür zentraler Komponenten am Beispiel von Eucalyptus.</li> <li>- erproben das Bereitstellen von Anwendungen in einer Infrastruktur-Cloud.</li> <li>- zeigen die Grundlagen Software-definierter Netzwerke am Beispiel von Onix und B4 auf.</li> <li>- bewerten verschiedene im Bereich Cloud-Computing zum Einsatz kommende Datenspeichersysteme (Google File System, Bigtable, Windows Azure Storage, Amazon Dynamo) hinsichtlich der Kriterien Verfügbarkeit, Konsistenz und Partitionstoleranz.</li> <li>- erläutern eine auf Vektoruhren basierende Methode zur Auflösung im Zusammenhang mit letztendlicher Konsistenz auftretender Konflikte.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- entwickeln ein verteiltes Dateisystem nach dem Vorbild von HDFS, das auf die Speicherung großer Datenmengen ausgelegt ist.</li> <li>- erkunden das Bereitstellen selbst entwickelter Dienste mittels Docker.</li> <li>- erstellen ein Framework zur parallelen Bearbeitung von Daten nach dem Vorbild von MapReduce.</li> <li>- konzipieren eigene MapReduce-Anwendungen zur Verarbeitung strukturierter Rohdaten.</li> <li>- diskutieren die Fehlertoleranzmechanismen in Google MapReduce.</li> <li>- schildern die grundsätzliche Funktionsweise von Systemen zur Kühlung von Datenzentren mittels Umgebungsluft.</li> <li>- beschreiben das Grundkonzept einer temperaturabhängigen Lastverteilung von Prozessen in einem Datenzentrum.</li> <li>- stellen diverse Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz von MapReduce-Clustern gegenüber.</li> <li>- unterscheiden die Architekturen und Funktionsweisen der Koordinierungsdienste Chubby und ZooKeeper.</li> <li>- entwickeln einen eigenen Koordinierungsdienst nach dem Vorbild von ZooKeeper.</li> <li>- ermitteln die Konsistenzeigenschaften der eigenen Koordinierungsdienstimplementierung.</li> <li>- erläutern unterschiedliche Ansätze zur Reduzierung bzw. Tolerierung von Tail-Latenz.</li> <li>- skizzieren das Grundkonzept von Erasure-Codes.</li> <li>- beschreiben den Aufbau eines auf die Clouds mehrerer Anbieter gestützten Datenspeichersystems.</li> <li>- erläutern den Einsatz passiver Replikation zur Bereitstellung von Fehlertoleranzmechanismen für virtuelle Maschinen am Beispiel von Remus.</li> <li>- schildern die Grundlagen der Migration von virtuellen Maschinen.</li> <li>- bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur.</li> <li>- erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.</li> <li>- können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.</li> <li>- können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.</li> <li>- können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.</li> <li>- reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 858896	<b>Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen</b> Modeling, optimization and simulation of energy systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Marco Pruckner	
5	<b>Contents</b>	<p>In der Vorlesung Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen werden systemtechnische Planungs- und Analysemethoden behandelt, die zur Lösung komplexer und interdisziplinärer Entscheidungsaufgaben in der Energiewirtschaft eingesetzt werden. Dabei werden die wichtigsten Methoden und Verfahren anhand praktischer Fragestellungen (z.B. Ausbau erneuerbarer Energien, Zunahme der Elektromobilität) aus der energiepolitischen Planung vermittelt und die Bewältigung technisch-ökonomischer Probleme verdeutlicht.</p> <p>Zu den eingesetzten Tools zählen die Statistiksoftware R, AnyLogic und IpSolve. Vorkenntnisse im Umgang mit diesen Werkzeugen ist nicht zwingend erforderlich. In den Übungen werden Einführungen in die genannten Softwarepakete gegeben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden Probleme und Herausforderungen, die mit dem Energieumstieg verbunden sind,</li> <li>• erfassen die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten computergestützter Planungsmethoden im Energiebereich,</li> <li>• analysieren verschiedene Problemstellungen und setzen Lösungen dafür um,</li> <li>• erlernen verschiedene Methoden der Datenanalyse, Optimierung und Simulation.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio	
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german german or english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 43510	<b>Parallele Systeme</b> Parallel systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Parallele Systeme (2 SWS) Übung: UE-PSys (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Stefan Groth	

4	<b>Module coordinator</b>	Joachim Falk Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	<b>Contents</b>	<p>Aktuelle PCs verfügen über Mehrkernprozessoren und Grafikkarten, die wiederum aus hunderten von einfachen Prozessoren bestehen können. Hierdurch wird ein hohes Maß an nebenläufiger Datenverarbeitung möglich, welche bis vor einigen Jahren nur in Großrechnern erreicht werden konnte. Die effiziente Ausnutzung dieser Parallelität bedarf allerdings mehr als nur mehrerer Prozessoren, insbesondere muss das zu lösende Problem Parallelverarbeitung erlauben. In dieser Vorlesung werden Eigenschaften unterschiedlicher paralleler Rechnerarchitekturen und Metriken zu deren Beurteilung behandelt. Weiterhin werden Modelle und Sprachen zum Programmieren paralleler Rechner eingeführt. Neben der Programmierung von allgemeinen Parallelrechnern werden Entwurfsmethoden (CAD) vorgestellt, wie man ausgehend von einer algorithmischen Problemstellung ein massiv paralleles Rechenfeld in VLSI herleiten kann, das genau dieses Problem optimal parallel berechnet. Solche Schaltungen spielen auf der Bit- bzw. Wortebene eine dominante Rolle (Arithmetik) sowie bei Problemen der Signal- und Bildverarbeitung (z.B. Filter). Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung.</p> <p>Im Einzelnen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theorie der Parallelität (parallele Computermodelle, parallele Spezifikationsformen und -sprachen, Performanzmodelle und -berechnung)</li> <li>2) Klassifikation paralleler und skalierbarer Rechnerarchitekturen (Multiprozessoren und Multicomputer, Vektorrechner, Datenflussmaschinen, VLSI-Rechenfelder)</li> <li>3) Programmierbare System-on-Chip (SoC) und Mehrkern-Architekturen (Grafik-Prozessoren, Cell, etc.)</li> <li>4) Programmierung paralleler Rechner (Sprachen und Modelle, Entwurfsmethoden und Compiler, Optimierung)</li> <li>5) Massive Parallelität: Vom Algorithmus zur Schaltung</li> </ol> <p><i>Today's PCs consist of multi-core processors and graphics cards that again comprise hundreds to thousands of simple processors. As a result of this, a very high degree of parallel data processing becomes possible, which was subjected to supercomputers a couple of years ago. The efficient exploitation of parallel processing requires not only multiple processors but also parallelism inherent in the problem to be solved. In this lecture, properties of different parallel computer</i></p>

		<p>architectures and corresponding quality metrics are examined. Further, models and parallel programming languages are introduced. In addition to programming general parallel computers, design methods (CAD) are presented that systematically transform an algorithmic problem description into a massive parallel processor array (VLSI), which can optimally execute the given problem in parallel. Such highly parallel circuits play an essential role at the bit level and circuit level (arithmetics) as well as in the case of signal processing and image processing (e.g., filter). The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</p> <p>In detail, the following topics are covered:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theory of parallelism (parallel models of computation, parallel specification and parallel languages, performance models)</li> <li>2) Classification of parallel and scalable computer architectures (multi-processors and multi-computers, vector computers, data-flow machines, VLSI processor arrays)</li> <li>3) Programmable System-on-Chip (SoC) and multi-core architectures (graphics processors, Cell, etc.)</li> <li>4) Programming of parallel computers (languages and models, design methods and compiler, optimization)</li> <li>5) Massive parallelism: From algorithm to circuit</li> </ol>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung.</p> <p><i>The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</i></p> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte der parallelen Datenverarbeitung, sowohl theoretischer Art anhand von Modellen, als auch an Architekturbeispielen. The students become familiar with the fundamentals of parallel data processing, theoretic in the form of models as well as by architecture examples.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden setzen sich mit modernen eingebetteten parallelen Ein-Chip-Architekturen auseinander. The students get familiar with modern embedded parallel system-on-chip architectures.</li> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Performanzmodelle und Parallelisierungstechniken zur Analyse und Optimierung von parallelen Algorithmen und Architekturen an. The students exercise basic performance models and parallelization techniques for the analysis and optimization of parallel algorithms and architectures.</li> <li>• Die Studierenden setzen die Modellierung und den Entwurf von massiv-parallelen Prozessorfeldern in konkreten Aufgaben selbstständig um. In concrete tasks, the students apply independently the modeling and the design of massively parallel processors arrays.</li> </ul>

7	<b>Prerequisites</b>	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Parallele Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)“ aus.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination (90 minutes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Wechsel der Prüfungsform von einer Klausur zu einer mündlichen Prüfung ist in Ausnahmefällen (siehe § 16 ABMPO/TechFak) auch nach Semesterbeginn noch möglich. In diesem Fall werden die Studierenden spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn informiert.</li> <li>• Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch. Die Unterrichts- und Prüfungssprache hängt von den Sprachkenntnissen und Präferenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab und wird dementsprechend innerhalb der ersten zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn festgelegt.</li> </ul>
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme</a></p>

1	<b>Module name</b> 740665	<b>Parallele Systeme (Vorlesung mit erweiterten Übungen)</b> Parallel systems with extended exercises	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Parallele Systeme (2 SWS) Übung: UE-PSys (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Parallele Systeme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Stefan Groth Dominik Walter	

4	<b>Module coordinator</b>	Joachim Falk Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	
5	<b>Contents</b>	<p>Aktuelle PCs verfügen über Mehrkernprozessoren und Grafikkarten, die wiederum aus hunderten von einfachen Prozessoren bestehen können. Hierdurch wird ein hohes Maß an nebenläufiger Datenverarbeitung möglich, welche bis vor einigen Jahren nur in Großrechnern erreicht werden konnte. Die effiziente Ausnutzung dieser Parallelität bedarf allerdings mehr als nur mehrerer Prozessoren, insbesondere muss das zu lösende Problem Parallelverarbeitung erlauben. In dieser Vorlesung werden Eigenschaften unterschiedlicher paralleler Rechnerarchitekturen und Metriken zu deren Beurteilung behandelt. Weiterhin werden Modelle und Sprachen zum Programmieren paralleler Rechner eingeführt. Neben der Programmierung von allgemeinen Parallelrechnern werden Entwurfsmethoden (CAD) vorgestellt, wie man ausgehend von einer algorithmischen Problemstellung ein massiv paralleles Rechenfeld in VLSI herleiten kann, das genau dieses Problem optimal parallel berechnet. Solche Schaltungen spielen auf der Bit- bzw. Wortebene eine dominante Rolle (Arithmetik) sowie bei Problemen der Signal- und Bildverarbeitung (z.B. Filter).</p> <p>Im Einzelnen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theorie der Parallelität (parallele Computermodelle, parallele Spezifikationsformen und -sprachen, Performanzmodelle und -berechnung)</li> <li>2) Klassifikation paralleler und skalierbarer Rechnerarchitekturen (Multiprozessoren und Multicomputer, Vektorrechner, Datenflussmaschinen, VLSI-Rechenfelder)</li> <li>3) Programmierbare System-on-Chip (SoC) und Mehrkern-Architekturen (Grafik-Prozessoren, Cell, etc.)</li> <li>4) Programmierung paralleler Rechner (Sprachen und Modelle, Entwurfsmethoden und Compiler, Optimierung)</li> <li>5) Massive Parallelität: Vom Algorithmus zur Schaltung</li> <li>6) Praktische Übungen mit rechnergestützten Werkzeugen</li> </ol> <p><i>Today's PCs consist of multi-core processors and graphics cards that again comprise hundreds to thousands of simple processors. As a</i></p>	



		<p>result of this, a very high degree of parallel data processing becomes possible, which was subjected to supercomputers a couple of years ago. The efficient exploitation of parallel processing requires not only multiple processors but also parallelism inherent in the problem to be solved. In this lecture, properties of different parallel computer architectures and corresponding quality metrics are examined. Further, models and parallel programming languages are introduced. In addition to programming general parallel computers, design methods (CAD) are presented that systematically transform an algorithmic problem description into a massive parallel processor array (VLSI), which can optimally execute the given problem in parallel. Such highly parallel circuits play an essential role at the bit level and circuit level (arithmetics) as well as in the case of signal processing and image processing (e.g., filter).</p> <p>In detail, the following topics are covered:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Theory of parallelism (parallel models of computation, parallel specification and parallel languages, performance models)</li> <li>2) Classification of parallel and scalable computer architectures (multi-processors and multi-computers, vector computers, data-flow machines, VLSI processor arrays)</li> <li>3) Programmable System-on-Chip (SoC) and multi-core architectures (graphics processors, Cell, etc.)</li> <li>4) Programming of parallel computers (languages and models, design methods and compiler, optimization)</li> <li>5) Massive parallelism: From algorithm to circuit</li> <li>6) Practical training with computer-aided design tools</li> </ol>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung.  <i>The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</i></p> <p>Fachkompetenz - Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte der parallelen Datenverarbeitung, sowohl theoretischer Art anhand von Modellen, als auch an Architekturbeispielen. The students become familiar with the fundamentals of parallel data processing, theoretic in the form of models as well as by architecture examples.</li> </ul> <p>Fachkompetenz - Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden setzen sich mit modernen eingebetteten parallelen Ein-Chip-Architekturen auseinander. The students get familiar with modern embedded parallel system-on-chip architectures.</li> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Performanzmodelle und Parallelisierungstechniken zur Analyse und Optimierung von parallelen Algorithmen und Architekturen an. The students exercise basic performance models and parallelization techniques for the analysis and optimization of parallel algorithms and architectures.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden setzen die Modellierung und den Entwurf von massiv-parallelen Prozessorfeldern in konkreten Aufgaben selbstständig um. In concrete tasks, the students apply independently the modeling and the design of massively parallel processors arrays.</li> <li>Die Studierenden wenden das erlernte Wissen in den erweiterten Übungen vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls an. The students apply their learned knowledge in hands-on computer exercises on-site at the chair's computer workstations.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Parallele Systeme“ aus.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination (90 minutes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prüfung und erfolgreiche Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls).</li> <li>Ein Wechsel der Prüfungsform von einer Klausur zu einer mündlichen Prüfung ist in Ausnahmefällen (siehe § 16 ABMPO/TechFak) auch nach Semesterbeginn noch möglich. In diesem Fall werden die Studierenden spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn informiert.</li> <li>Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch. Die Unterrichts- und Prüfungssprache hängt von den Sprachkenntnissen und Präferenzen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab und wird dementsprechend innerhalb der ersten zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn festgelegt.</li> </ul>
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Written examination (100%)</p> <p>Die Modulnote ergibt sich aus der Prüfungsleistung.</p>
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 90 h</p> <p>Independent study: 135 h</p>
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p><b>Weitere Informationen:</b></p> <p><a href="https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme">https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/parallele-systeme</a></p>

1	<b>Module name</b> 44500	<b>Swarm Intelligence</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Rolf Wanka
5	<b>Contents</b>	Swarm Intelligence (SI) is the design and deployment of self-organizing systems that dynamically adapt to their respective environmental needs. These systems are characterized by the fact that they feature the so-called self-* -properties, i.e., they are self-configuring, self-optimizing, self-healing, self-protecting, self-explanatory, ... Structures and methods of biological and other natural systems are chosen as models for such technical systems. In this module, Particle Swarm Optimization, Ant Algorithms, Web Search, and Evolutionary Algorithms are introduced and, as far as possible, mathematically analyzed.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students learn advanced concepts of the current topic of swarm intelligence and how they can be successfully applied to solve continuous and discrete optimization problems and to data analysis. For this purpose, they know concrete details such as terms, definitions, facts, regularities and theories and learn how to apply the concepts to concrete problems, how to adjust the methods to the use case and how to analyze the computed solutions.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ch. Müller-Schloer, Ch. von der Malsburg, R. P. Würt. Organic Computing. Informatik-Spektrum, Band 27, Nummer 4, S. 332-336.</li> <li>I. C. Trelea. The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection. Information Processing Letters 85 (2003) 317-325.</li> </ul>

- J. M. Kleinberg. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM* 46 (1999) 604-632.
- M. Dorigo. V. Maniezzo. A Colorni. Ant system: an autocatalytic optimizing process. Technical Report 91-016, Politecnico di Milano, 1991.
- A. Badr. A. Fahmy. A proof of convergence for Ant algorithms. *Information Sciences* 160 (2004) 267-279.
- M. Clerc. J. Kennedy. The particle swarm - Explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 8 (2002) 58-73

# Minor subject: Astronomy

1	<b>Module name</b> 66292	<b>Astronomie</b> Astronomy	<b>15 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 1 (1 SWS, WiSe 2024) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 1 (2 SWS, WiSe 2024) Praktikum: Astronomisches Praktikum (LAG) (8 SWS) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 2 (2 SWS) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Informatiker) (8 SWS) Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 2 (1 SWS) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Nicht-Physiker) (8 SWS)	- 3 ECTS - - - -
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Ulrich Heber Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms
5	<b>Contents</b>	Das Modul gibt eine Beschreibung der wesentlichen Bestandteile des Universums und der naturwissenschaftlichen Methoden, die es uns erlauben, ihre Entfernungen, Größenskalen, Massen und physikalische Natur zu verstehen. Im Einzelnen werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschichtlicher Hintergrund der Astronomie</li> <li>• Sonnensystem: Planetenbewegung und Keplersche Gesetze, Eigenschaften der Planeten und der kleinen Objekte im Sonnensystem (Auswahl aus: innerer Aufbau der Planeten, planetare Oberflächen, Atmosphären, Ringe), extrasolare Planeten.</li> <li>• Sterne: Entfernungen, Temperaturen, Spektren, Massen, Hertzsprung-Russell-Diagramm, innerer Aufbau, Entstehung und Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Doppelsterne.</li> <li>• Milchstraße und andere Galaxien: Aufbau und Entwicklung, Klassifikation, kosmischer Materiekreislauf, Galaxienhaufen, ausgewählte Methoden der Entfernungsbestimmung.</li> <li>• Das Universum: Entstehung, Hubblesches Gesetz, 3K Hintergrundstrahlung, Entwicklung des Universums.</li> <li>• Astronomische Messmethoden: Aufbau und Benutzung astronomischer Teleskope, Spektroskopie, Detektoren</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• berichten über die wichtigsten Bestandteile des Universums und ihrer Entwicklung.</li> <li>• erläutern Methoden zur Messung der Entfernungen von Sternen und Galaxien und wenden diese auf Messungen an.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen aus Messdaten Massen und Temperaturen astronomischer Objekte.</li> <li>• führen einfache astronomische Messungen selbst durch und werten die Ergebnisse aus.</li> <li>• beschreiben die in der Astronomie notwendige Extrapolation von Ergebnissen von Labormessungen auf astronomische Skalen.</li> <li>• bedienen typische astronomische Instrumente.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Astronomie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable Written examination Written or oral Series of reports
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (33%) Written examination (67%) Written or oral (33%) Series of reports (0%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 165 h Independent study: 285 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Karttunen, P. Kroger, H. Oja, [Fundamental Astronomy], Springer, 2003</li> <li>• M. Kutner, [Astronomy: A Physical Perspective], Cambridge Univ. Press, 2003</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 66291	<b>Astronomie (weiterführend)</b> Integrated course 3 - Quantum field theory and particle physics	<b>15 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Astronomie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination Written examination Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (33%) Written examination (33%) Written examination (33%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



# Minor subject: Business Economics

1	<b>Module name</b> 57043	<b>Business intelligence</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Business Intelligence (SS24) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Pavlina Kröckel	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Pavlina Kröckel
5	<b>Contents</b>	We introduce a variety of topics which will give you a kick start in the field of data science and will help you to continue the learning path in other, more advanced courses. We teach the whole data science process (based on the industry-wide accepted CRISP model) from the business and data understanding to the deployment and management steps. Students get familiar with terms like data science, machine learning, and artificial intelligence, as well as available tools and technologies. You will learn what is behind the technology that powers everything from your shopping suggestions on Amazon to automatic systems like chatbots and self-driving cars. We teach you the most used machine learning algorithms right now: decision trees, neural networks, association rules (Apriori and FP Growth), clustering algorithms (k-Means, DBSCAN).
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• Can describe important business intelligence and data science concepts, tools, and algorithms</li> <li>• Learn how to structure a data science project</li> <li>• Work on a practical exercise and apply the learned algorithms on a real-world dataset</li> <li>• Are able to evaluate a machine learning model and decide on its goodness of fit.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	The lecture is intended for students with no prior knowledge in data analytics. Course is <b>limited to 200 participants</b> .
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes) A <b>pre-requisite</b> to attend the <b>exam</b> is <b>course registration on StudOn</b> . Course participation is limited. Thus, we cannot offer an exam for students not part of the StudOn course.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	All relevant material will be provided during the lecture.

1	<b>Module name</b> 82570	<b>BWL für Ingenieure</b> Business studies for engineers	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: BWL für Ingenieure I (2 SWS) Vorlesung mit Übung: BWL für Ingenieure II (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Lars Friedrich Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt	
5	<b>Contents</b>	<p>BW 1 (konstitutive Grundlagen): Grundlagen und Vertiefung spezifischer Aspekte der Rechtsform-, Standort-, Organisations- und Strategiewahl</p> <p>BW 2 (operative Leistungsprozesse): Betrachtung der unternehmerischen Kernprozesse Forschung und Entwicklung mit Fokus auf das Technologie- und Innovationsmanagement, Beschaffung und Produktion sowie Marketing und Vertrieb</p> <p>BW 3 (Unternehmensgründung): Grundlagen der Gründungsplanung und des Gründungsmanagements BW 3 Übung (Vertiefung und Businessplanerstellung): Vertiefung einzelner Schwerpunkte aus den Bereichen BW 1, 2 und 3 sowie ausgewählte Fallstudien zu wichtigen Elementen eines Businessplans</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erwerben Kenntnisse über Grundfragen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre</li> <li>verstehen die Kernprozesse der Unternehmung und die damit verbundenen zentralen Fragestellungen</li> <li>erwerben ein Verständnis für den Entwicklungsprozess der Unternehmung sowie deren Kernprozesse, insbesondere verfügen sie über breites und integriertes Wissen einschließlich der wissenschaftlichen Grundlagen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Marketing und Vertrieb.</li> <li>können Fragen des Technologie- und Innovationsmanagements anhand der Anwendung ausgewählter Methoden und Instrumente erschließen</li> <li>wissen um die Bestandteile eines Businessplans, deren Bedeutung und sind in der Lage, diese zu verfassen und zu beurteilen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	

13	<b>Resit examinations</b>	The exams of this moduls can only be resit once.
14	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
15	<b>Module duration</b>	2 semester
16	<b>Teaching and examination language</b>	german
17	<b>Bibliography</b>	Voigt, Industrielles Management, 2008

1	<b>Module name</b> 56210	<b>Digital change management</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Digital Change Management (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sven Laumer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sven Laumer
5	<b>Contents</b>	Lecture: This module provides an organizational and social perspective of the digital transformation. It introduces theories and methods to analyze, visualize, and discuss challenges of the acceptance of the digital transformation. Case study: Using research methods (interviews, surveys) students should investigate a digital transformation project and analyze its design and acceptance. The results should be presented as an own case study (case study paper, presentation). The case study is conducted as group work.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students can analyze, visualize and discuss consequences of the digital transformation for individuals and organizations as well as its implementation challenges. Students are able to design an implementation project to focus especially on end-users.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written Written examination (60 minutes) (schriftlich = Case Study)
11	<b>Grading procedure</b>	Written (50%) Written examination (50%) (schriftlich = Case Study - evaluated as a group)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Alter, S. (2013). Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future. Journal of the Association for Information Systems, 14 (2), 72-121 Kotter, J.P. (2005). Out Iceberg is Melting. St.Martins Press, Kotter, J.P. (2010). Leading Change, Harvard Business Press Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., and Davis, F. D. 2003. User acceptance of information technology: toward a unified view, MIS Q (27:3), pp. 425-478.

1	<b>Module name</b> 57290	<b>Enterprise knowledge management</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sven Laumer
5	<b>Contents</b>	<p>Lecture on demand: This module uses the Flipped Classroom method and provides an advanced perspective on enterprise knowledge management. It focuses on knowledge management strategy and processes, knowledge management governance, knowledge modelling and visualization as well as concepts like crowdsourcing, open innovation and crowdfunding in a knowledge management context. From a theoretical perspective, the module introduces social networks and social network analysis as base for enterprise knowledge management.</p> <p>Tutorial: The contents of the lecture on demand are further discussed by means of exercises and case studies. Practical exercises are conducted using common social network analysis or knowledge management software.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students can analyze, visualize, design and discuss enterprise knowledge management approaches.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	TBA

1	<b>Module name</b> 53710	<b>Foundations of international management I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Holtbrügge
5	<b>Contents</b>	1. Environment of International Management: History and Major Trends 2. Theoretical and Conceptual Foundations of International Management 3. Theories of Internationalization 4. Strategic Management in International Corporations.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The participants understand and analyze typical management problems of international firms. The participants will get to know modern theories and methods of international management and will be able to apply these to practical problems. They get a detailed overview of the current state of international management research and are able to evaluate theoretical and empirical studies in this area critically.
7	<b>Prerequisites</b>	English language proficiency (C1)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Report Presentation <i>Details for the examination for the lecture: Report (6 pages)</i> <i>Details for the examination for the seminar: Oral presentation (attendance mandatory)</i>
11	<b>Grading procedure</b>	Report (80%) Presentation (20%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Holtbrügge, D. & Welge, M.K. (2020). International Management. Mimeo, Nürnberg (chapters 1-4).  Holtbrügge, D. & Haussmann, H. (eds.) (2024). Internationalization Strategies of Firms. Case Studies from the Nürnberg Metropolitan Region. 3rd edition. Baden-Baden: Nomos.

1	<b>Module name</b> 57320	<b>Foundations of linked data</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andreas Harth	
5	<b>Contents</b>	<p>The Linked Data principles provide a unified interface to data and software systems based on web architecture. Linked Data is increasingly popular in scenarios where data and systems from multiple providers have to be integrated, both in an enterprise setting and on open data from the web.</p> <p>The module covers foundational techniques to access, process and integrate data, both from a theoretical and a practical perspective, and provides a coherent treatment of protocols and languages specified by the World Wide Web Consortium. The module combines techniques from different areas, such as databases and artificial intelligence, adapted for use in a decentralised setting on the web.</p> <p>The overarching topic is to facilitate data integration on the basis of resource-oriented modelling, knowledge representation, hyperlinks and state transfer between user agents and servers.</p> <p>The module sets out with a history of hypertext systems, followed from an introduction to web architecture and knowledge representation, including algorithms for query evaluation and deductive reasoning. The module closes with a user agents for querying integrated data from sources attainable through the web.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>You will learn how to describe data in a way that facilitates integrated access.</p> <p>You will be able to write queries that access large amounts of data within a unified logical framework.</p> <p>You will be able to apply the technologies and techniques around Linked Data to support data integration in an enterprise setting and on the web, and therefore have the necessary skills for a broad variety of data science applications.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Students should have a basic understanding of how the internet and the web work. Some knowledge of relational databases is beneficial.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	



14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	All relevant material will be provided during the lecture. The following books give an overview of the topics of the lecture: Tim Berners-Lee. Weaving the Web. Harper, 1999 Tom Heath, Christian Bizer. Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. Morgan & Claypool, 2011. Dean Allemang. Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL. Morgan Kaufmann, 2008. For a brief motivation read <a href="https://tyfair.com/news/2018/07/the-man-who-created-the-world-wide-web-has-some-regrets">tyfair.com/news/2018/07/the-man-who-created-the-world-wide-web-has-some-regrets</a>

1	<b>Module name</b> 57053	<b>Innovation and leadership</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Kathrin Möslein
5	<b>Contents</b>	The lecture focuses on the challenges of leading and communicating innovation and change in IT enabled companies and networked organizations. Based upon that, creating a sustainable innovative environment is a leadership task. In order to succeed at this task, leaders must develop innovative abilities to deal with the challenges inherent in a business environment characterized by fluid, unstructured and changing information. The aim of this course is thereby twofold. First, the course delineates and describes different yet emerging innovation tools, organizing them into a coherent set of classes. Each class of tools is described using a set of up-to-date business cases that depict the current status of the information systems. The second aim of this course is to get an overview of how to structure leadership systems towards innovation, how leaders can motivate to foster innovative thinking and what new forms of innovation (e.g. open innovation) mean for the definition of leadership. In doing so, this lecture represents an Idea Transformation Class as students are encouraged not only to merely develop, but to actively deploy specifically developed concepts.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students <ul style="list-style-type: none"> <li>• will understand and explore the theories and practicalities of leadership in open innovation contexts.</li> <li>• will gain knowledge on leading and communicating innovation and translate it in leadership behavior in real case contexts.</li> <li>• will learn to assess, reflect and feedback the impact of practical leadership for innovation</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic understanding of innovation management</li> <li>• Basic understanding of management processes</li> <li>• First experience in team projects</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation Written
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation (0%) Written (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Huff, Möslein & Reichwald: Leading Open Innovation; 2013 MIT Press,ISBN-13: 978-0262018494

1	<b>Module name</b> 56216	<b>Judgment in decision making and evidence-based management</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Julia Neukam Prof. Dr. Verena Tiefenbeck
5	<b>Contents</b>	While today's companies and individuals have access to more and more data, most decisions are taken on limited and imperfect information. Consequently, various fields require their practitioners to have an in-depth understanding of judgment and decision-making. Examples include the development of user interfaces and marketing strategies, hiring decisions, crisis intervention, as well as policy-making in education, healthcare, or social services. This course examines how people make choices, judge situations, probabilities, and decision options. The focus is on the contrast between rational decision-making, and the psychological principles that guide decision behavior. The course reviews common heuristics, cognitive errors and systematic biases that help us to make reasonable and accurate decisions in some areas, but may crucially misguide us in others. We will develop tools to detect and mitigate systematic cognitive biases and we will identify strategies that tap into these insights for improved decision-making in diverse real-world contexts, both in simple everyday-life situations and complex managerial decision environments.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>describe key psychological processes involved in judgment and decision making.</li> <li>explain when and why those processes lead to (more or less) accurate and inaccurate judgments.</li> <li>identify and describe common judgment and decision heuristics and biases.</li> <li>apply the acquired knowledge to examples and problems from business and public policy.</li> <li>explain the methodology (experiments and field studies) used to study judgment and decision making and apply it to new real-world applications.</li> <li>critically reflect upon the way how they and others take common decisions in daily life.</li> <li>work together in international small work groups, summarize key takeaways from behavioral studies, and present their results in English.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination

		Project/practical report Written exam and project (creating a short educational video clip)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (60%) Project/practical report (40%) Written exam (60%), project (40%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	All relevant material will be provided during the seminar.

1	<b>Module name</b> 57134	<b>People Analytics – Data Science für Human Resources Management</b> People analytics – Data science for human resources management	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: People Analytics (4 SWS) People Analytics is organized as a self-study course. People Analytics ist als Selbstlernkurs organisiert.	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Sven Laumer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sven Laumer
5	<b>Contents</b>	<p>Decision-making is a critical task for HR departments. They not only must handle the onboarding and offboarding of an employee, but are also responsible for optimizing each stage of the employee life cycle and all the processes related to it. Hence, HR experts seek the help of precise data to determine the best course of action. In small companies, information can be easily collected and organized; however, as companies grow, and their number of employee increases, the challenges of managing a larger workforce begins to surface. Thankfully, technological advancements have brought a new set of tools that HR experts can use to aid their decision making. With the right implementation, companies can measure the effectiveness of their business strategies, optimize resources, and improve the employee experience. In this context, People Analytics is a new concept that has been established in science and in practice, which comprises of the processes of collecting, analyzing, and reporting relevant HR information to make data-driven decisions.</p> <p>The lecture videos are pre-recorded and available via StudOn, but make sure to register via <a href="https://kurse.vhb.org/">https://kurse.vhb.org/</a> first.</p> <p>Die Entscheidungsfindung ist eine wichtige Aufgabe für Personalabteilungen. Sie müssen sich nicht nur um das Onboarding und Offboarding eines Mitarbeiters kümmern, sondern sind auch für die Optimierung jeder Phase des Mitarbeiterlebenszyklus und aller damit verbundenen Prozesse verantwortlich. Daher sind die Personalverantwortlichen auf präzise Daten angewiesen, um die beste Vorgehensweise zu bestimmen. In kleinen Unternehmen können Informationen leicht gesammelt und organisiert werden. Wenn das Unternehmen jedoch wächst und die Zahl der Mitarbeiter zunimmt, werden die Herausforderungen der Verwaltung einer größeren Belegschaft immer größer. Glücklicherweise hat der technologische Fortschritt eine Reihe neuer Instrumente hervorgebracht, die HR-Experten bei der Entscheidungsfindung helfen können. Mit der richtigen Implementierung können Unternehmen die Effektivität ihrer Geschäftsstrategien messen, Ressourcen optimieren und die Erfahrungen ihrer Mitarbeiter verbessern. In diesem Zusammenhang ist People Analytics ein neues Konzept, das sich in der Wissenschaft und in der Praxis etabliert hat. Es umfasst die Prozesse der Sammlung, Analyse und Berichterstattung relevanter HR-Informationen, um datengestützte Entscheidungen zu treffen.</p>

		Die Vorlesungsvideos sind voraufgezeichnet und über StudOn verfügbar. Bitte melden Sie sich vorher über die <a href="https://kurse.vhb.org/">https://kurse.vhb.org/</a> an.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students should be able to discuss why People Analytics is an important concept in the context of Human Resource Management, and differentiate between the different pillars of PA. Furthermore, they should be able to independently implement a People Analytics projects. Die Studierenden sollen erörtern können, warum People Analytics ein wichtiges Konzept im Kontext des Human Resource Managements ist, und die verschiedenen Säulen von PA unterscheiden können. Darüber hinaus sollen sie in der Lage sein, selbstständig ein People Analytics Projekt durchzuführen.
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students should have a basic familiarity with data mining and data analytics methods and tools.</li> <li>• Some elementary knowledge of programming in Python and R is recommended.</li> <li>• Die Studierenden sollten mit den Methoden und Werkzeugen des Data Mining und der Datenanalyse grundlegend vertraut sein.</li> <li>• Grundlegende Kenntnisse der Programmierung in Python und R werden empfohlen.</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written  In this course, students will be evaluated via a project report, where they are expected to answer theoretical research questions with regard to the People Analytics pillars introduced in the second part of the lecture. Furthermore, students are also expected to implement their own data-driven solutions for each of the research questions. Case studies introduced in the lectures serve as a good guidance for this task. In diesem Kurs werden die Studenten anhand eines Projektberichts bewertet, in dem sie theoretische Forschungsfragen in Bezug auf die im zweiten Teil der Vorlesung vorgestellten Säulen der People Analytics beantworten sollen. Darüber hinaus wird von den Studierenden erwartet, dass sie ihre eigenen datengesteuerten Lösungen für jede der Forschungsfragen implementieren. Die in den Vorlesungen vorgestellten Fallstudien dienen als gute Anleitung für diese Aufgabe.
11	<b>Grading procedure</b>	Written (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german german or english english

16	<b>Bibliography</b>	All relevant material will be provided in StudOn. Alle relevanten Materialien werden in StudOn zur Verfügung gestellt.
----	---------------------	---



1	<b>Module name</b> 54760	<b>Process Analytics (PA)</b> Process analytics (PA)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Annina Ließmann Prof. Dr. Martin Matzner Dr. Sven Weinzierl
5	<b>Contents</b>	The course deals with data-driven analysis of business processes. Therefore, different technical, organizational and business aspects of process improvement are discussed with Process Mining being at the center of attention. The module has a strong practical focus and encourages students to apply methods and concepts learned during the lecture. In the group project the students will apply their knowledge using state-of-the-art process mining tools (e.g., Celonis).
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students <ul style="list-style-type: none"> <li>capture the concepts around process improvement and recognize the potentials for organizations</li> <li>understand technical aspects of data-driven process analysis</li> <li>know about state-of-the art technologies for process mining</li> <li>apply technologies for data extraction and analysis in a practical setting</li> <li>analyze a business process and develop a business case for process improvements</li> </ul> work in groups and present their results together
7	<b>Prerequisites</b>	Beneficial: <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic understanding of business processes and process notations / modelling</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Business Economics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation (70%) Written examination (30%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	None

# Minor subject: Biology

1	<b>Module name</b> 63271	<b>Computational Biology I</b> Computational biology I	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Rainer Böckmann
5	<b>Contents</b>	<b>Skalenübergreifende Modellierung biologischer Systeme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistische Thermodynamik</li> <li>• molekulare Kräfte in biologischen Strukturen</li> <li>• Konzept der Freien Energie und ihrer Berechnung</li> <li>• Mikroskopische Modellierung biomolekularer Systeme, Moleküldynamik</li> <li>• coarse-graining von Simulationen</li> <li>• makroskopische Modellierung</li> <li>• Multiskalenmodellierung</li> <li>• Diffusion und Brownsche Bewegung</li> <li>• Kinetik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen den Übergang von mikroskopischen Skalen zu makroskopischen Observablen</li> <li>• sind fähig aktuelle Simulationsmodelle in Computational Biology am Computer selbständig anzuwenden;</li> <li>• können sich die Inhalte aktueller Publikationen aus dem Bereich Computational Biology erarbeiten und kritisch diskutieren;</li> <li>• verfügen über Kommunikationskompetenz.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	keine
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Written examination (90 minutes) PL: Klausur (90 Min) PL: Seminarvortrag (20 Min.)
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (20%) Written examination (80%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 97 h Independent study: 128 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Informationsmaterialien zur Vor- und Nachbereitung des Stoffes werden im Internet und als Kopien zur Verfügung gestellt.

1	<b>Module name</b> 62820	<b>Ökologie und Diversität B</b> Ecology and diversity B	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Ökologie und Diversität B: Zoologische Freilandübungen (2 SWS)  Vorlesung mit Übung: BestÜbPfl (3 SWS)  Die Übungen sind anwesenheitspflichtig.	2 ECTS   3 ECTS
3	Lecturers	Dr. Jürgen Schmidl Prof. Dr. Markus Albert Dr. Regula Muheim-Lenz Dr. Ulrike Daigl PD Dr. Ruth Stadler	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Ruth Stadler
5	<b>Contents</b>	<p><b>Zoologische Bestimmungsübungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkundung typischer Biotoptypen in der Umgebung Erlangens (Kiefernwald, Weiher incl. Plankton- und Saprobienthematik, Wiese, Fließwasser etc.) und ihrer Tiergemeinschaften und Ökologie</li> <li>• Einführung in Präparation von Wirbellosen und Anlegen einer wissenschaftlichen zoologischen Sammlung</li> </ul> <p><b>Botanische Bestimmungsübungen:</b> Erkundung von Beispielarten in der Umgebung Erlangens an folgenden Standorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rathsberg: Laubmischwald: Caryophyllaceae: Stellaria, Ranunculaceae: Anemone, Violaceae: Viola, Liliaceae: Polygonatum</li> <li>• Regnitztal: Auwald: Brassicaceae: Alliari, Lamiaceae: Lamium, Salicaceae: Salix</li> <li>• Schwabachtal: Sandmagerrasen: Fabaceae: Cytisus, Rosaceae: Potentilla, Euphorbiaceae: Euphorbia</li> <li>• Regnitzwiesen: Kräuter der Fettwiese: Apiaceae: Anthriscus, Asteroideae: Leucanthemum, Cichorioideae: Taraxacum, Polygonaceae: Rumex</li> <li>• Regnitzwiesen: Gräser der Fettwiese: Poaceae: Arrhenatherum, Poa, Lolium, Festuca</li> <li>• Walberla: Kalkmagerrasen: Plantaginaceae: Veronica, Plantago, Orobanchaceae: Rhinanthus</li> <li>• Tennenlohe: Sandäcker: Chenopodiaceae: Chenopodium, Geraniaceae: Erodium</li> <li>• Heusteg: Verlandungsreihe eutropher Gewässer: Cyperaceae: Carex, Solanaceae: Solanum, Juncaceae: Juncus, Primulaceae: Lysimachia</li> <li>• An verschiedenen Standorten: sandige, nährstoffreiche Ruderalfluren: Hypericaceae: Hypericum Onagraceae: Oenothera</li> <li>• Reichswald: Nadelforst auf Sandböden: Ericaceae: Vaccinium, Gymnospermae: Pinus, Pteridophyta: Dryopteris</li> </ul>

6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die wichtigsten einheimischen Tier- und Pflanzenfamilien und deren typischer Vertreter an ihrem Standort (Exkursionen) erkennen und unterscheiden (Formenkenntnis) sowie nach Art bestimmen;</li> <li>• sind in der Lage, fachgerecht mit einem Bestimmungsschlüssel umzugehen;</li> <li>• sind fähig, ein wissenschaftliches Herbar und eine zoologische Sammlung anzulegen;</li> <li>• sind zur Teamarbeit befähigt.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) PL: E-Klausur im Antwortwahlverfahren 45 Min.
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>Zoologie, nur Empfehlung:</p> <p>Brohmer: Fauna von Deutschland (Quelle und Meyer Bestimmungsbücher);</p> <p>Botanik:</p> <p>Schmeil-Fitschen: Flora von Deutschland (Quelle und Meyer Bestimmungsbücher);</p> <p>Rothmaler: Exkursionsflora (Springer);</p> <p>Oberdorfer: Pfl.-soziol. Exkursionsflora (Ulmer)</p>

1	<b>Module name</b> 63270	<b>Computational Biology</b> Elective compulsory module computational biology	<b>15 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes) Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (50%) Written examination (50%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 62921	<b>Allgemeine Biologie I</b> General biology I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Michael Lebert
5	<b>Contents</b>	<p>*Botanik:*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Leistung der Pflanzenzelle</li> <li>• Morphologie und Anatomie der Pflanzenorgane</li> <li>• Systematik und Evolution von Pflanzen</li> <li>• Vermehrung von Pflanzen</li> <li>• Pflanzenphysiologie</li> <li>• Pflanze und Umwelt</li> </ul> <p>*Zoologie:*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffwechsel, Kreislauf und Atmung</li> <li>• erregbare Zellen: Muskelzellen und Nervenzellen</li> <li>• zelluläre Neurophysiologie (Ruhepotential, Aktionspotential, axonale Weiterleitung der Erregung, Synapse)</li> </ul> <p>*Mikrobiologie:*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Mikrobiologie</li> <li>• Zellstruktur und Zellfunktion</li> <li>• Grundlagen der Molekularbiologie und Bakteriengenetik</li> <li>• Mikrobiologie der Prokaryoten (Physiologie, Taxonomie und Phylogenie)</li> <li>• Grundlagen der Virologie</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Struktur und Funktionen der Biomoleküle in Ihren Grundzügen beschreiben und erläutern;</li> <li>• verstehen die Zelltypen verschiedener Organismen und können deren Zellbestandteile- und bausteine darstellen und erklären;</li> <li>• kennen die Grundbegriffe der Zytologie, Morphologie und Anatomie der Pflanzen und sind in der Lage diese Einordnungen anzuwenden;</li> <li>• sind in der Lage, die Physiologie der Pflanzen darzustellen;</li> <li>• können die Anpassungen von Pflanzen darlegen;</li> <li>• sind befähigt, die Evolution der Pflanzen in den Grundzügen zu erklären;</li> <li>• können zelluläre Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren erläutern;</li> <li>• sind in der Lage, die fundamentalen Prozesse des Energiestoffwechsels der Tiere - und damit verbundene Anpassungen (Kreislauf und Atmung) in den Grundzügen darzustellen und zu beschreiben;</li> <li>• verstehen die zellulären und molekularen Grundlagen der Muskelkontraktion und können diese darstellen und verdeutlichen;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• können zelluläre Grundlagen sowie grundlegende Funktionsmechanismen von Nervenzellen einordnen</li> <li>• verstehen den Einfluss von Mikroorganismen auf Ökosysteme und deren Nutzung in Landwirtschaft, Biotechnik, Medizin und Lebensmittelproduktion;</li> <li>• erwerben basale Kenntnisse der Bakteriengenetik, der Physiologie, der taxonomischer Einteilung und den Grundlagen der Virologie.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>Nultsch, Allgemeine Botanik, Thieme Verlag</p> <p>Fuchs, Allgemeine Mikrobiologie Thieme-Verlag</p> <p>Wehner, Gehring, Kühn, Zoologie, Thieme</p> <p>Brock: Mikrobiologie, Pearson Verlag</p> <p>Campbell, Biologie, Pearson</p>



1	<b>Module name</b> 62922	<b>Allgemeine Biologie II</b> General biology II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Michael Lebert
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Lichtmikroskopie (Hellfeld-, Dunkelfeld-, Phasenkontrast-Mikroskopie)</li> <li>• Charakteristika eukaryontischer Zellen am Beispiel von Amöben und Ciliaten (u.a. Phagocytose, verschiedene Fortbewegungstypen)</li> <li>• Entwicklung eines Tieres am Wirbeltierbeispiel (Huhn)</li> <li>• Organisationsprinzipien vielzelliger Tiere am Beispiel repräsentativer Tiergruppen (Cnidaria, Plathelminthes, Annelida, Arthropoda, Vertebrata)</li> <li>• Evolutive Abwandlung und ökologische Anpassungen dieser Baupläne</li> <li>• Algen und Pflanzen: u.a. Cyanobakterien, Kieselalgen und Grünalgen (Organisationsstufen), Moose und Farne (Aufbau und Generationswechsel), Höhere Pflanzen (Wurzel und Physiologie der Wasseraufnahme, Spross mit Leitgeweben und sekundärem Dickenwachstum, Blatt und Photosynthese, Blüte, Fortpflanzung und Frucht)</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen grundlegende Mikroskopier- und Präparationstechniken</li> <li>• sind in der Lage mikroskopische und anatomische Präparate zeichnerisch zu protokollieren</li> <li>• erkennen typische tierische Gewebe in histologischen Präparaten und - kennen die charakteristischen Phasen der Entwicklung eines Wirbeltieres und können die dabei ablaufenden Prozesse wiedergeben</li> <li>• verstehen die basalen Funktionen wichtiger tierischer Organsysteme und können diese in den verschiedenen Bauplänen miteinander vergleichen</li> <li>• kennen die grundsätzlichen Trends der Evolution pflanzlicher und tierischer Baupläne und können deren adaptive Bedeutung ermessen</li> <li>• bekommen ein vertieftes Verständnis von anatomischen und zellulären Funktionsbeziehungen bei Pflanzen und Tieren</li> <li>• verfügen über Grundlegende Kenntnisse der Formenkunde</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)

12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Campbell: Biologie; Wehner/Gehring: Zoologie

1	<b>Module name</b> 62982	<b>Mikrobiologische Übungen</b> Microbiology: practical exercises	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Gerald Seidel
5	<b>Contents</b>	<p>Mikroskop, Färbetechniken, Kultur- und Sterilisationsverfahren,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachstum von Bakterien, Antibiotika</li> <li>• Transformation von Acinetobacter spec.,</li> <li>• Identifizierung/Diagnostik von Bakterien</li> <li>• grundlegende Techniken der Molekularbiologie</li> <li>• Experimente: Beobachtung von Bakterien im Mikroskop, verschiedene Darstellungsverfahren</li> <li>• Nachweis von Keimen in der Luft</li> <li>• Erlernen verschiedener Techniken, Herstellung von Nährmedien, Bestimmung Zellzahl in einer Kolonie, Bestimmung der Phagenzahl in einem Plaque, Sterilisationsversuche</li> <li>• selektive Anreicherung von Bakterien, Bakterienwuchskurve; Einfluss von Antibiotika auf das Wachstum von Bakterien</li> <li>• Isolierung von Antibiotika-Produzenten</li> <li>• Nachweis und Identifizierung von Bakterien, Resistenzbestimmung, Isolierung von Antibiotika-Produzenten,</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Aneignung der Grundkenntnisse der Mikrobiologie und molekularbiologischen Grundtechniken
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written
11	<b>Grading procedure</b>	Written (0%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbuch: Brock Mikrobiologie, M. T. Madigan &amp; J. M. Martinko, aktuelle Ausgabe (z.Zt. 2013)</li> <li>• Lehrbuch: Allgemeine Mikrobiologie, G. Fuchs, aktuelle Ausgabe (z.Zt. 2007)</li> <li>• Lehrbuch: Mikrobiologische Methoden, E. Bast</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 62940	<b>Zoologie</b> Zoology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Jürgen Schmidl	
5	<b>Contents</b>	<p>*Vorlesung*: Grundkenntnisse zu folgenden Teilgebieten der Ökologie, Zoologie und Botanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Morphologie (Systematik des Tier- und Pflanzenreiches, Kennenlernen ausgewählter Baupläne und Taxa)</li> <li>• Evolution (Grundlagen, Mechanismen und ökologische Aspekte der Evolution)</li> <li>• Phylogenie (Methoden der Systematik und Taxonomie, Artkonzepte, Stammbäume)</li> <li>• Ökologie (Grundlagen, Großlebensräume/Ökosysteme der Erde, Einnischung von Tier-/Pflanzenarten, Aut-, Dem- und Synökologie, Makroökologie, Muster und Prozesse, Diversität)</li> <li>• Biogeographie (Konzepte und geologisch-historische Grundlagen der globalen Verbreitung der Tier- und Pflanzengruppen)</li> </ul> <p>*Übungen*:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Arbeit mit dem Stereomikroskop.</li> <li>• Morphologie, Systematik und Diversität wichtiger heimischer Tier- und Pflanzengruppen und ihrer typischen Vertreter</li> <li>• Übungen zum Bestimmen heimischer Arten mittels Bestimmungsschlüssel und elektronischer Medien</li> <li>• Biologie und Ökologie der bestimmten Arten und Gruppen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können wichtige Tier und Pflanzengruppen unterscheiden und typische Vertreter erkennen;</li> <li>• verstehen die Diversität im Tier- und Pflanzenreich;</li> <li>• können die Grundlagen der Morphologie, Evolution, Phylogenie, Ökologie und Biogeographie darstellen und erklären;</li> <li>• sind befähigt zum Erkennen und Lösen von relevanten Problemen aus systematisch-ökologischen Teilgebieten der Zoologie und Botanik;</li> <li>• sind in der Lage, mit Bestimmungsschlüsseln und einschlägigen Medien umzugehen;</li> <li>• sind fähig, die Vorlesungsinhalte in Übungen praktisch umzusetzen;</li> <li>• haben den fachgerechten Umgang mit dem Stereomikroskop vermittelt bekommen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Biologie Master of Science Artificial Intelligence 20211	

10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Nur Empfehlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brohmer: Fauna von Deutschland (Quelle und Meyer Bestimmungsbücher);</li> <li>• Schmeil-Fitschen: Die Flora Deutschlands</li> <li>• Wehner/Gehring: Zoologie (Thieme);</li> <li>• Strasburger: Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften (Springer)</li> </ul>

# Minor subject: Chemistry

1	<b>Module name</b> 62065	<b>Allgemeine und Anorganische Chemie mit Experimenten</b> General and inorganic chemistry with experiments	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Tutorium: Übungen zur Vorlesung "Allgemeine und Anorganische Chemie" für Biol. und Mol.Med. [AC 54] (2 SWS)  Vorlesung: Allgemeine und Anorganische Chemie (mit Experimenten) (4 SWS)  Das Praktikum ist anwesenheitspflichtig.	-  -
3	Lecturers	Prof. Dr. Ingrid Span	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Ingrid Span	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Grundzüge der Allgemeinen und Anorganischen Chemie:</b> Atommodelle, Aufbau des Periodensystems, chemische Bindungsarten, grundlegende anorganische Verbindungsklassen, Gasgesetze, Stöchiometrie, chemisches Rechnen, Zustandsdiagramme, chemische Thermodynamik und Kinetik, Theorie des Übergangszustandes, Katalyse in biologischen Systemen, chemisches Gleichgewicht, Redox-Reaktionen, Säure/Base-Reaktionen, Elektrolyse/Galvanisches Element, Chemie der Elemente (Hauptgruppenelemente), Grundlagen der Koordinations- und der bioanorganischen Chemie</p> <p><b>Spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen Kurspraktikum:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit anorganischen Säuren und Basen, Salzen und Komplexverbindungen, Grundzüge der qualitativen chemischen Analytik durch einfache Versuche mit Basisverbindungen der anorganischen Chemie, nasschemische Nachweise für Metall-Kationen und Anionen</li> <li>• Einführung in sicheres Arbeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Laboratorien; Umgang mit chemischen Abfällen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie im Hinblick auf biologische Problemstellungen und können diese erklären;</li> <li>• sind fähig, spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen anzuwenden;</li> <li>• sind in der Lage, die Vorlesungsinhalte im Kurspraktikum umzusetzen und die im Praktikumsplan vorgesehenen Versuche selbständig durchzuführen;</li> <li>• verfügen über anwendbares Wissen zum Umgang mit Gefahrstoffen und Abfällen in chemischen Laboratorien;</li> <li>• verfügen über Kenntnisse von Umweltbelangen und rechtlichen Grundlagen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Die Eingangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum ist das erfolgreiche Bestehen der Klausur oder (als Ersatz für Erstsemesterstudenten) das erfolgreiche Bestehen eines Eingangstests (Sicherheitsaspekte).	

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written Written examination PL: Klausur 90 Min. SL: Anfertigung eines Laborjournals ca. 50 Seiten, in dem als Dokumentation die Ergebnisse der chemischen Analysen gesondert aufgelistet werden (=Analyseheft) (unbenotet)
11	<b>Grading procedure</b>	Written (0%) Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 210 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Dane, F. Wille, H. Laatsch: Kleines Chemisches Praktikum, 10. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2004;</li> <li>• C. E. Mortimer, U. Müller: Chemie, 10. Aufl., Thieme, 2010</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 62963	<b>Allgemeine Organische Chemie</b> General organic chemistry	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Organische Chemie 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Hirsch	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andreas Hirsch	
5	<b>Contents</b>	<p>Grundlegende Konzepte und Stoffklassen der Organischen Chemie, chemische Terminologie, chemische Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkane, Alkene, Alkine</li> <li>• Delokalisierte pi-Systeme</li> <li>• Stereoisomerie</li> <li>• Alkohole</li> <li>• Ether</li> <li>• Aldehyde und Ketone</li> <li>• Carbonsäuren und Derivate</li> <li>• Amine und Aminosäuren</li> <li>• Heterocyclen</li> <li>• Dicarbonylverbindungen</li> <li>• Biopolymere und Bioaggregate - Grundbausteine des Lebens und der Biochemie</li> <li>• Biochemische Grundprozesse</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die elementaren Stoffklassen organischer Moleküle und können deren physikalische und chemische Eigenschaften verstehen und einschätzen</li> <li>• kennen die Eigenschaften von funktionellen Gruppen in organischen Molekülen</li> <li>• beherrschen die chemische Terminologie und einfache Syntheseprozesse.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	K.P.C Vollhardt, N.E. Schore: Organische Chemie (WileyVCH)	

1	<b>Module name</b> 62042	<b>Anorganische Chemie - Chemie der Metalle</b> Inorganic chemistry	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Chemie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Minor subject: English Linguistics

1	<b>Module name</b> 76930	<b>Hauptmodul A Linguistics</b> Main module A: Linguistics	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered every 2nd semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Michael Klotz
5	<b>Contents</b>	In den vorangegangenen Modulen haben die Studierenden bereits umfassende Kenntnisse über theoretische Ansätze in der Linguistik und in der linguistischen Methodik erworben. Dieses Modul vermittelt grundlegende Konzepte und spezifischere Ansätze der Bereiche <i>Angewandte Linguistik</i> , <i>Deskriptive Linguistik</i> oder <i>Historische Sprachwissenschaft</i> . Auf diese Weise erhalten die Studierenden das nötige Fachwissen, um ungelöste Fragen und Problemfälle zu diskutieren und sich in Arbeitsgruppen ( <i>Independent Study Group</i> ) mit Projekten des jeweiligen Bereiches zu beschäftigen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden ihre Kenntnisse unterschiedlicher Ansätze im gewählten Bereich vertieft an und</li> <li>• bauen folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten weiter aus: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Beschreibung linguistischer Phänomene</li> <li>b) Anwendung linguistischer Analyse, auch innerhalb der kontrastiven Linguistik</li> <li>c) Erkennen und Beschreiben von Diskrepanzen zwischen linguistischer Theorie und natürlichem Sprachgebrauch</li> <li>d) Analyse der Eigenschaften und Ansprüche des Zielpublikums für angewandte linguistische Produkte.</li> </ul> </li> </ul> <p>Studierende beobachten dadurch sprachliche Phänomene und linguistische Ansätze in einem größeren Zusammenhang und vernetzen diese miteinander. Der angewandte Teil dieses Moduls fördert die Kompetenz der Studierenden zur selbstständigen Projektarbeit: Im diskursiven Austausch mit anderen Seminarteilnehmenden vertreten Studierende wissenschaftlich begründete Positionen argumentativ und reflektieren diese kritisch.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Dringende Empfehlung: Erfolgreicher Abschluss der Zwischenmodule I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Englische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written assignment
11	<b>Grading procedure</b>	Written assignment (100%)
12	<b>Module frequency</b>	jedes 2. Semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 255 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 77170	<b>Optionsmodul L-GYM Linguistics</b> Optional module (Teaching secondary education/ Gymnasium): Linguistics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered every 2nd semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Brigitta Mittmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Inhalte des Optionsmoduls L-GYM <i>Linguistics</i> beziehen sich vor allem auf Fachrichtungen, die für die Studierenden examensrelevant sind. Dies betrifft beispielsweise die folgenden Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orthografie, Phonetik, Phonologie</li> <li>• Morphologie</li> <li>• Syntax</li> <li>• Lexikologie (synchron und diachron)</li> <li>• Lexikografie (synchron und diachron)</li> <li>• Pragmatik</li> <li>• Textlinguistik</li> <li>• Sprachvariation, regionale und soziale Varietäten</li> <li>• Englische Sprache, Kultur und Kommunikation</li> <li>• Altenglisch</li> <li>• Mittelenglisch</li> <li>• Frühneuenglisch</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Im Optionsmodul L-GYM <i>Linguistics</i> spezialisieren sich die Studierenden weiter und vertiefen ihren Wissensstand in den diversen linguistischen Teilbereichen. Sie analysieren bestimmte linguistische Phänomene und setzen sich vor allem auch mit der fachlichen Diskussion zu ausgewählten Problembereichen und mit weiterführender Fachliteratur auseinander. Auf diese Weise dient das Modul der weiteren Vorbereitung auf das Staatsexamen Linguistik.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Zwischenmodul L-GYM <i>Linguistics</i>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Englische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (45 minutes) Klausur (45 Min.)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	jedes 2. Semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	

16	<b>Bibliography</b>	Veranstaltungsspezifisch – wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
----	---------------------	--

# Minor subject: Geosciences



1	<b>Module name</b> 64910	<b>Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld I</b> Humans in the geological environment I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Matthias Göbbels
5	<b>Contents</b>	<p>Die Inhalte des Seminars "Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld" sind fachliche Grundlagen über die Mensch-Umwelt-Beziehungen im geologischen Kontext, wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen im geologischen Kontext zu Mensch-Umwelt-Beziehung</li> <li>• Geothermie</li> <li>• Hydrogeologie</li> <li>• Rohstoffe</li> <li>• Glas &amp; Keramik</li> </ul> <p>Die Inhalte der Übung sind praktische Anwendungen und Anschauungsmaterial begleitend zum Seminar.</p> <p>In der Veranstaltung Archäometrie werden Materialien und Techniken vom Altertum bis zur Neuzeit im technisch-gesellschaftlichen Kontext vorgestellt und bewertet. Dabei sind z.B. Kupfer, Bronze, Eisen und Edelmetalle wichtige Themen.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Mensch-Umwelt-Beziehung erläutern und anwenden</li> <li>• Beispiele für technische Anwendung in der Geologie anführen und beschreiben</li> <li>• Geologische Herausforderungen der Gesellschaft diskutieren und bewerten</li> <li>• Materialien und Techniken im historisch-gesellschaftlichen Kontext in der Entwicklung nachvollziehen und verstehen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	keine
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written Oral (15 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written (0%) Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german



1	<b>Module name</b> 64915	<b>Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld II</b> Humans in the geological environment II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written Oral (15 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written (0%) Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 64980	<b>Z-Edu-Geo 1 - Das System Erde</b> Z-Edu-Geo 1 - Earth as a system	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Anette Regelous	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Inhalte des Seminars sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entstehung der Elemente</li> <li>• Entstehung des Sonnensystems</li> <li>• Aufbau und Entwicklung des Systems Erde</li> <li>• Grundlagen des Vulkanismus und der Plattentektonik</li> <li>• Einführung in die Seismik</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der kontinentalen und ozeanischen Kruste</li> <li>• Übersicht über die Entwicklung des Lebens und der Atmosphäre</li> <li>• Grundlagen über die wichtigsten Minerale und Gesteine</li> <li>• Einführung in die Bildung von Rohstoffen</li> <li>• Entstehung der Atmosphäre</li> <li>• Entwicklung des Klimas durch die Erdgeschichte</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Entstehung der Elemente erläutern</li> <li>• fachwissenschaftliche Grundlagen und die Zusammenhänge des System Erde erklären</li> <li>• die Entstehung und Entwicklung der ozeanischen und kontinentalen Kruste wiedergeben</li> <li>• Grundlagen der Forschungsmethodik wie z.B. Seismik erklären</li> <li>• die Entwicklung des Lebens und der Atmosphäre erläutern</li> <li>• Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels wiedergeben</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Presentation (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 64985	<b>Z-Edu-Geo 2 - Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld</b> Z-Edu-Geo 2 - Humans in the geoscientific environment	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Matthias Göbbels	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Inhalte des Seminars "Der Mensch im geowissenschaftlichen Umfeld" sind fachliche Grundlagen über die Mensch-Umwelt-Beziehungen im geologischen Kontext, wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen im geologischen Kontext zu Mensch-Umwelt-Beziehung</li> <li>• Geothermie</li> <li>• Hydrogeologie</li> <li>• Rohstoffe</li> <li>• Glas &amp; Keramik</li> </ul> <p>Die Inhalte der Übung sind praktische Anwendungen und Anschauungsmaterial begleitend zum Seminar.</p> <p>In der Veranstaltung Archäometrie werden Materialien und Techniken vom Altertum bis zur Neuzeit im technisch-gesellschaftlichen Kontext vorgestellt und bewertet. Dabei sind z.B. Kupfer, Bronze, Eisen und Edelmetalle wichtige Themen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Mensch-Umwelt-Beziehung erläutern und anwenden</li> <li>• Beispiele für technische Anwendung in der Geologie anführen und beschreiben</li> <li>• Geologische Herausforderungen der Gesellschaft diskutieren und bewerten</li> <li>• Materialien und Techniken im historisch-gesellschaftlichen Kontext in der Entwicklung nachvollziehen und verstehen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Geowissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	



# Minor subject: German Linguistics

1	<b>Module name</b> 35501	<b>Historische Linguistik und Sprachwandel</b> Compulsory elective module: Historical linguistics - language change	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<b>Masterseminar Linguistik Historische Linguistik</b> - Hauptseminar: M-LingHist - HS: Deutsch im Kontakt - diachron betrachtet (2 SWS, SoSe 2024) - Übung: M-LingHist - UE zum HS: Deutsch im Kontakt - diachron betrachtet (2 SWS, SoSe 2024) <b>Übung Linguistik Historische Linguistik</b>	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Mechthild Habermann Judith Willberg	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Mechthild Habermann	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>intensive Auseinandersetzung mit Gegenständen der historischen Grammatik</li> <li>vertiefter Einblick in Ursachen und Folgen von Sprachwandelprozessen</li> <li>Kenntnis von Entstehung und Wandel historischer Texte aus dem Bereich der Gebrauchsprosa</li> <li>Kenntnis historischer Grammatikographie und Lexikographie</li> <li>Geschichte der Sprachreflexion</li> <li>Sprachgeschichte als Kulturgeschichte</li> </ul> <p>Zu den Themen des HS gehören u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>historische Textanalyse</li> <li>historische Grammatik</li> <li>Sprachwandeltheorien</li> <li>Sprachbewusstseinsgeschichte</li> <li>historische Grammatikographie und Lexikographie</li> </ul> <p>Die Übung bietet Gelegenheit zur Lektüre und Analyse sprachhistorischer Texte mit ihrer jeweiligen sprachhistorischen Verortung aus unterschiedlichen Zeiträumen</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erlangen die Fähigkeit zur eingehenden Analyse historischer Texte</li> <li>erkennen Ursachen und Folgen von Sprachwandelprozessen</li> <li>gewinnen Einblick in die Genese und weitere Entwicklung unterschiedlicher Texttypen</li> <li>erkennen die Eigengesetzlichkeit von Sprache zwischen Natur und Kultur und</li> <li>erhalten Einblick in die Standardisierungsprozesse des Deutschen.</li> </ul> <p>Diese Fähigkeiten und Kompetenzen werden im Seminar und in der Übung in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars bzw. der Übung.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	



8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 35571	<b>Lexikographie und Lexikologie</b> Compulsory elective module: Lexicography and lexicology	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<b>Masterseminar Linguistik Lexikographie</b> <b>Übung Linguistik Lexikographie</b>	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Stefan Schierholz
5	<b>Contents</b>	<p>- ausgewählte Themen der Lexikographie des Deutschen, des Englischen (wahlweise auch anderer Sprachen), z.B. Wörterbuchproduktion, Spezialwörterbücher, elektronische Wörterbücher, Corpusarbeit, Fachwörterbücher, Wörterbuchstrukturen</p> <p>- ausgewählte Themen der Lexikologie des Deutschen, des Englischen (wahlweise auch anderer Sprachen), z.B. Wortschatzstrukturierungen, lexikalische Semantik, Valenz, Quantitative Ansätze, Corpusauswertungen, Neologismen, Terminologien</p> <p>Das Hauptseminar (HS) behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen der Lexikographie und/oder Lexikologie.</p> <p>Die Übung kann als Lektürekurs, mit umfassenden empirischen Wörterbuchanalysen oder mit Corpusrecherchen gestaltet werden.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Allgemein</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fachwissenschaftliche Texte analysieren sowie fachliche Probleme formulieren und in Diskussionen lösen können.</li> <li>2. Die kritische Reflexion über Sprache und die Arbeit an Sprache verbessern.</li> <li>3. Kommunikationsfähigkeit verbessern, indem die Ergebnisse der fachlichen Analysen den übrigen Seminarteilnehmern verständlich präsentiert werden.</li> <li>4. Die Leitung einer Semindiskussion üben.</li> </ol> <p>Fachspezifisch</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wissensverbreiterung und eine Wissensvertiefung im Bereich der Lexikographie und Lexikologie</li> <li>2. Überfachliches Wissen erwerben, indem die Anwendungsmöglichkeiten auch für angrenzende Fächer eingestuft werden können</li> <li>3. Erweiterte Kenntnisse in den wesentlichen Methoden und Arbeitsmitteln erwerben</li> <li>4. Die vorgestellten Theorien und Methoden kritisch reflektieren</li> <li>5. Aktuelle Fragestellungen der Lexikographie und Lexikologie kompetent und sachkundig diskutieren können</li> <li>6. Wörterbücher im Detail analysieren, so dass ein tieferer Einblick in die Strukturiertheit von verschiedenen Wörterbuchtypen erlangt wird</li> </ol>

		7. Eigenständige Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragestellungen aus dem Bereich der Lexikographie und Lexikologie. Diese Fähigkeiten und Kompetenzen werden im Seminar und in der Übung in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars bzw. der Übung.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 42 h Independent study: 258 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 35411	<b>Sprachnorm und Variation (Germanistik)</b> Compulsory elective module: Linguistic norms and variation (German language)	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<b>Masterseminar Linguistik Sprachnorm</b> <b>Übung Linguistik Sprachnorm</b>	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Eva Breindl-Hiller
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschäftigung mit Fragen der Normierung des Deutschen auf den verschiedenen Sprachebenen</li> <li>• Auseinandersetzung mit der gleichzeitig vorhandenen Sprachvariation</li> <li>• Diskussion sprachlicher Zweifelsfälle</li> <li>• Sprachkritik und Sprachnormenkritik</li> <li>• Bewertung fremdsprachlicher Einflüsse auf das Deutsche</li> <li>• Standardisierungsprozesse, deskriptive und präskriptive Grammatikographie</li> <li>• institutionelle Formen der Sprachpflege im Deutschen</li> </ul> <p>Die Übung dient der Besprechung gemeinsamer Lektüre und der Vermittlung und Übung der empirischen Arbeit mit Sprachkorpora des Deutschen.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden werden in die Lage versetzt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zu wissen, auf welcher Grundlage sich die Vielfalt sprachlicher Formen ausbildet,</li> <li>• zu begreifen, wie sich sprachliche Normen konstituieren,</li> <li>• sprachkritische Diskurse zu kennen und kritisch zu bewerten,</li> <li>• zu reflektieren, wie sich deskriptive und präskriptive Ansätze zueinander verhalten und</li> <li>• ein Bewusstsein für die Veränderbarkeit sprachlicher Normen zu entwickeln.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>a) für den Studiengang MA Linguistik: keine</p> <p>b) für weitere Studiengänge: keine</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 35472	<b>Grammatik und Lexikon: Theorie und Anwendung, aus Muttersprachen- und DaF-Perspektive</b> Grammar and lexicon: Theory and practice (from the perspective of native speakers and German as a foreign language)	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<b>Masterseminar Linguistik Grammatik und Lexikon</b> - Hauptseminar: M-LingGram - HS: (2 SWS, SoSe 2024) - Übung: M-LingGram - UE zum HS: Metapher: linguistische und literaturwissenschaftliche Perspektiven (1 SWS, SoSe 2024) - Hauptseminar: Metaphern: Linguistische und literaturwissenschaftliche Perspektiven ( SWS, SoSe 2024) <b>Übung Linguistik Grammatik und Lexikon</b> Hauptseminar: Metaphern: Linguistische und literaturwissenschaftliche Perspektiven ( SWS)	- - - -
3	Lecturers	Christine-Maria Coca PD Dr. Benjamin Specht PD Dr. Benjamin Specht	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Stefan Schierholz
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ausgewählte Themen verschiedener Grammatiktheorien zum Deutschen (aber auch mit kontrastiver Perspektive auf andere Sprachen) aus den Bereichen Morphosyntax, Syntax, Satzsemantik, Textgrammatik</li> <li>- Fragen zur Grammatikographie, z.B. vergleichende Analyse von Grammatikhandbüchern oder Sprachlehrwerken</li> <li>- kritische Analyse bestehender grammatischer Regeln, z.B. durch corpusbasierte Grammatikforschung</li> </ul> <p>Das Hauptseminar (HS) behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus dem Bereich der angewandten Grammatikforschung, wobei ein Schwerpunkt in der deutschen Gegenwartssprache liegt, Sprachvergleiche aber möglich sein sollen.</p> <p>Die Übung kann als Lektürekurs oder zu Zwecken der Corpusrecherchen gestaltet werden.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Allgemein 1. Fachwissenschaftliche Texte zur Thematik vertieft analysieren, linguistische Methoden einsetzen, fachliche Probleme formulieren und in Diskussionen lösen.

		<p>2. Die kritische Reflexion über Sprache und die Arbeit an Sprache eigenständig verbessern.</p> <p>3. Die Kommunikationsfähigkeit verbessern, indem die Ergebnisse der fachlichen Analysen den übrigen Seminarteilnehmern verständlich präsentiert werden.</p> <p>4. Die fachliche Kommunikation in der Lerngruppe ausbauen.</p> <p>5. Die Leitung einer Seminare Diskussion üben.</p> <p>6. Die Anfertigung einer schriftlichen Arbeit der Textsorte wissenschaftliche Hausarbeit üben.</p> <p>Spezifisch</p> <p>1. Überfachliches Wissen erwerben, indem die Anwendungsmöglichkeiten auch für angrenzende Fächer eingestuft werden können</p> <p>2. Vertiefte Kenntnisse in Methoden der Grammatikanalyse erwerben</p> <p>3. Vorgestellte Theorien und Methoden kritisch vergleichen und reflektieren</p> <p>4. Aktuelle Fragestellungen der Grammatikforschung und Grammatikographie kompetent und sachkundig diskutieren</p> <p>5. Einzelfragen zur Grammatik im Detail analysieren, so dass ein vertiefter Einblick in grammatische Strukturen erlangt wird</p> <p>6. Eigenständige Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragestellungen zu ausgewählten Bereichen der Grammatik</p> <p>Diese Fähigkeiten und Kompetenzen werden im Seminar und in der Übung in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars bzw. der Übung.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 42 h Independent study: 258 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 35492	<b>Sprachvariation - Sprachkontakt - Kontrastive Linguistik</b> Language variation - language contact - contrastive linguistics	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<b>Masterseminar Linguistik Sprachvariation Sprachkontakt</b> <b>Übung Linguistik Sprachvariation Sprachkontakt</b>	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Mechthild Habermann
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionen sprachlicher Variation (sozial, geographisch, situationsbezogen und historisch)</li> <li>• Theorien und Methoden zur Erforschung von Sprach- und Dialektkontakt</li> <li>• Beschreibung und Abgrenzung von sprachlichen Varietäten entlang dieser Dimensionen</li> <li>• Aufbau, Struktur und Anwendung variationslinguistischer Korpora</li> <li>• Erhebung empirischer Daten zur sprachlichen Variation (Beobachtung, Befragung, experimentelle Erhebung)</li> <li>• Repräsentation variationslinguistischer Daten</li> <li>• qualitative und quantitative Methoden der Datenanalyse</li> </ul> <p>Im Hauptseminar (HS) wird anhand eines spezifischen Themas die Untersuchung variationslinguistischer Daten zu Sprachwandel, Dialektologie, Soziolinguistik, Pragmatik sowie zu Sprachkontakthänomenen behandelt.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, Sprachen als Varietätengefüge zu begreifen</li> <li>• erhalten Einblick in Forschungsarbeiten zur sprachlichen Variation und einen Forschungsüberblick zu spezifischen variationslinguistischen Fragestellungen</li> <li>• erwerben Einblicke in den Ablauf von Sprach- und Dialektkontakten sowie zu ihren Folgen im sprachlichen System</li> <li>• vertiefen ihre Kenntnisse zur Erhebung, Präsentation und Analyse variationslinguistischer Daten</li> <li>• üben den Umgang mit sprachlichen Korpora und variationslinguistischen Datenbanken und</li> <li>• erwerben Kompetenzen zur Beschreibung sprachlicher Variation und ihrer linguistischen und extralinguistischen Grundlagen.</li> </ul> <p>Diese Fähigkeiten und Kompetenzen werden im Seminar und in der Übung in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars bzw. der Übung.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!



9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 77432	<b>Vertiefungsmodul Gegenwartssprache/DAF (Ling VM 2)</b> Specialisation module: Contemporary German/German as a foreign language	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Kolleg: Kolleg: Wörter in Gegenwart und Geschichte (2 SWS) Hauptseminar: Ling VM-HS: Wortbildung (2 SWS) Hauptseminar: Ling VM-HS: Grammatiken lesen (SWS) Hauptseminar: Ling VM-HS: Textproduktion mit KI-gestützten Writingtools aus linguistischer Perspektive (2 SWS) Es besteht Anwesenheitspflicht. Die Fähigkeiten und Kompetenzen werden in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars. Da sich Hauptseminar oder Kolleg als Spezialveranstaltung verstehen, sind die Inhalte untrennbar an die Person des Lehrenden gebunden; es ist daher nicht möglich, den Besuch der Lehrveranstaltung durch Selbststudium zu kompensieren.	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Mechthild Habermann Dr. Karin Rädle Dr. Christine Ganslmayer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Eva Breindl-Hiller Prof. Dr. Mechthild Habermann Prof. Dr. Peter Otto Müller
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von vertieften Kenntnissen zu spezielleren, ausgewählten Themen aus den Bereichen der Grammatik des Deutschen (Phonologie, Graphematik, Morphologie, Syntax, Textlinguistik) oder zu Semantik und Lexikon der deutschen Gegenwartssprache oder zu Deutsch als Fremdsprache</li> <li>• Analyse und Beschreibung themenbezogener zentraler sprachlicher Erscheinungen</li> <li>• Diskussion themenbezogener theoretischer Konzepte</li> </ul> Das Hauptseminar (HS) behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen Grammatik / Textlinguistik des Deutschen, Semantik und Lexikon der deutschen Gegenwartssprache oder Deutsch als Fremdsprache. Das Kolleg behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen Grammatik / Textlinguistik des Deutschen, Semantik und Lexikon der deutschen Gegenwartssprache oder Deutsch als Fremdsprache.

		Hinweis: Für das Erreichen der Modulziele – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer germanistischer Kompetenzen – ist eine aktive Mitarbeit der Studierenden unerlässlich.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlangen einen tieferen Einblick in die Strukturiertheit exemplarischer Teilbereiche der deutschen Grammatik/ Textlinguistik oder des deutschen Wortschatzes in seiner gegenwartssprachlichen Dimension oder in den Bereich Deutsch als Fremdsprache,</li> <li>• gewinnen Vertrautheit in der Anwendung linguistischer Methoden und</li> <li>• erwerben eine vertiefte Analysekompetenz durch eigenständige Auseinandersetzung mit themenbezogenen wissenschaftlichen Fragestellungen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	a) für den Studiengang BA Germanistik: Empfehlung: alle Basismodule und Aufbaumodule [Ling BM 1, Ling BM 2, Ling AM] b) für das Lehramt (vertieft/nicht vertieft studiert): Empfehlung: alle Basismodule und Aufbaumodule [Ling BM 1, Ling BM 2, Ling AM] c) für weitere Studiengänge: Empfehlung: Basismodule [Ling BM 1, Ling BM 2]
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 77402	<b>Vertiefungsmodul Sprachwandel und Variation (Ling VM 1)</b> Specialisation module: Language change and variation	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Kolleg: Kolleg: Wörter in Gegenwart und Geschichte (2 SWS) Hauptseminar: Ling VM-HS: Deutsch regional: Standardsprache und regionale Variation im Deutschen (2 SWS) Es besteht Anwesenheitspflicht. Die Fähigkeiten und Kompetenzen werden in der gemeinsamen Diskussion entwickelt; die Diskursivierung des Wissens ist ein zentraler performativer Bestandteil des Seminars. Da sich Hauptseminar oder Kolleg als Spezialveranstaltung verstehen, sind die Inhalte untrennbar an die Person des Lehrenden gebunden; es ist daher nicht möglich, den Besuch der Lehrveranstaltung durch Selbststudium zu kompensieren.	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Mechthild Habermann Dr. Karin Rädle	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Mechthild Habermann	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung von Sprache in ihrer sozialen, räumlichen, situationsbezogenen und historischen Dimension</li> <li>• Analyse und Beschreibung von sprachlichen Varietäten älterer Sprachstufen des Deutschen, von regionalen Varietäten, von Fach-, Sonder- und Gruppensprachen oder von Formen sprachlichen Handelns (Pragmatik, Gesprächslinguistik) im Allgemeinen</li> <li>• Analyse und Beschreibung zentraler Sprachwandelerscheinungen des Deutschen</li> </ul> <p>Das Hauptseminar behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen Historische Linguistik, Sprachwandel, Variations-, Sozio- und Pragmalinguistik.</p> <p>Das Kolleg behandelt ein spezielles, weiterführendes Thema aus den Bereichen Historische Linguistik, Sprachwandel, Variations-, Sozio- und Pragmalinguistik.</p> <p>Hinweis: Für das Erreichen der Modulziele – insbesondere für das Einüben und Verfestigen von Analysefähigkeiten, die interaktive Wissensvermittlung und die praxisorientierte Förderung spezifischer germanistischer Kompetenzen – ist eine aktive Mitarbeit der Studierenden unerlässlich.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erhalten Einblick in die Vielfalt sprachlicher Variationen und Sprachkontakte unterschiedlicher Provenienz im</li> </ul>	

		<p>soziokulturellen Kontext in Geschichte und Gegenwart sowie in zentrale Bereiche des Sprachwandels,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln ein Verständnis für Sprachen als historisch gewordene, identitätsstiftende Einheiten,</li> <li>• erwerben Beschreibungs- und Erklärungskompetenzen für die Erfassung sprachlicher Varianten und ihrer soziokulturellen Bedingtheiten in Geschichte und Gegenwart</li> <li>• erwerben grundlegende methodische Kompetenzen im Umgang mit Sprachkorpora.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>a) für den Studiengang BA Germanistik: Empfehlung: alle Basismodule und Aufbaumodule [Ling BM 1, Ling BM 2, Ling AM]</p> <p>b) für das Lehramt (vertieft/nicht vertieft studiert): Empfehlung: alle Basismodule und Aufbaumodule [Ling BM 1, Ling BM 2, Ling AM]</p> <p>c) für weitere Studiengänge: Empfehlung: Basismodule [Ling BM 1, Ling BM 2]</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Germanistische Linguistik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Minor subject: Mathematics

1	<b>Module name</b> 65311	<b>Algebra</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Friedrich Knop
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppentheorie: Untergruppen, Quotienten, Operationen von Gruppen, endlich erzeugte abelsche Gruppen</li> <li>• Ringtheorie: Ideale, Quotienten, Polynomringe, maximale Ideale,</li> <li>• Irreduzibilität</li> <li>• Elementare Zahlentheorie: Restklassenringe, Eulersche phi-Funktion, Chinesischer Restsatz, quadratisches Reziprozitätsgesetz</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen und erklären algebraische Strukturen anhand von Gruppen, Ringen und Körpern und verwenden diese;</li> <li>• behandeln auch komplexe Symmetrien mittels Gruppentheorie selbständig;</li> <li>• lösen geometrische und zahlentheoretische Probleme mittels Ringtheorie und Zahlentheorie;</li> <li>• sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Module Lineare Algebra I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination with task
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination with task (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 195 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Artin: Algebra</li> <li>• Fischer: Algebra</li> <li>• N. Jacobson: Basic Algebra I, II + Skript</li> <li>• S. Lang: Algebra</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 65082	<b>Algorithmic Game Theory</b> Algorithmic game theory	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sascha Kurz
5	<b>Contents</b>	The main goal of this course is to highlight the intriguing interplay between optimality, simplicity, efficiency and robustness in the design and analysis of systems involving many different selfish strategic players, with an emphasis in the intersection between Economics and Algorithmic Theory. Can we predict the possible outcomes of such dynamic situations? Can we motivate the players and design specific rules, so that those outcomes are stable and desirable? How well and how efficiently can we approximate the above objectives? These questions are very important and relevant in many modern, real-life applications, where the Internet has been established as the main platform for agent-interaction and computing.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Upon successful completion of this module, students have a comprehensive understanding of the foundations of algorithmic game theory and algorithmic mechanism design. Potential topics include: <ul style="list-style-type: none"> <li>• quantifying the loss in performance of a system due to selfish behaviour (price of anarchy), most notably in traffic routing</li> <li>• understanding the concept of differentiating between various equilibria outcomes and selecting the desired ones (potentials and equilibrium refinement)</li> <li>• understanding the concept of learning dynamics in game-playing, such as best-responses</li> <li>• designing and analysing efficient mechanisms for various settings involving rational selfish players, most notably Bayesian revenue-maximizing auctions.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: Basic knowledge of <ul style="list-style-type: none"> <li>• calculus</li> <li>• probability theory</li> <li>• linear/combinatorial optimization and/or algorithms &amp; complexity</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (15 minutes) Oral exam (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%) Oral exam (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h



14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• T. Roughgarden, "Twenty Lectures on Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2016.</li><li>• Nisan, Roughgarden, Tardos &amp; Vazirani (Eds), "Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2007</li></ul>

1	<b>Module name</b> 65601	<b>Angewandte Mathematik</b> Applied mathematics	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination Achievement credit
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Achievement credit (0%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 65351	<b>Funktionentheorie I</b> Complex analysis I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Funktionentheorie (2 SWS) Übung: Übungen zur Funktionentheorie (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Jacobus Sanders Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes	
5	<b>Contents</b>	<p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holomorphe Abbildungen</li> <li>• Cauchy-Riemann'sche Differentialgleichungen</li> <li>• Wegintegrale und der Cauchy'sche Integralsatz</li> <li>• Satz von Liouville</li> <li>• Laurent-Reihen</li> <li>• Residuenkalkül</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Grundprinzipien der Funktionentheorie und wenden diese an;</li> <li>• erkennen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen reell und komplex differenzierbaren Funktionen und erklären diese;</li> <li>• wenden komplex-analytische Methoden zur Lösung von Problemen der reellen Analysis selbständig an.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Analysis I und II	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination with task	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination with task (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freitag, Busam: Funktionentheorie I</li> <li>• Remmert: Funktionentheorie</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 65092	<b>Computational complexity</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Ioannis Giannakopoulos	
5	<b>Contents</b>	Potential topics include: <ul style="list-style-type: none"> <li>• P, NP, and NP-completeness</li> <li>• Complexity classes and reductions</li> <li>• Boolean circuits</li> <li>• The polynomial-time hierarchy</li> <li>• Space complexity</li> <li>• Randomized computation</li> <li>• Counting complexity</li> <li>• Introduction to the PCP theorem and hardness of approximation</li> <li>• Average-case complexity</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Upon successful completion of the module, students: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Have a rigorous understand of the concept of computation and its formal limitations</li> <li>• Have knowledge of the fundamental complexity classes (including P, NP and PSPACE)</li> <li>• Understand the notion of completeness and are able to design and understand reductions between these classes</li> <li>• Are exposed to various formal computation models, including Boolean circuits and randomness</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undergraduate-level course in discrete mathematics (including, e.g. basics of combinatorics, graphs, logic and set theory)</li> <li>• Undergraduate-level course in algorithms and/or discrete optimization</li> <li>• Basic knowledge of analysis, linear algebra and probability</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral Oral exam (30 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%) Oral exam (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sanjeev Arora and Boaz Barak. "Computational Complexity: A Modern Approach". Cambridge University Press, 2009</li><li>• Oded Goldreich. "Computational Complexity: A Conceptual Perspective". Cambridge University Press, 2008.</li><li>• Christos H. Papadimitriou. "Computational Complexity". Addison-Wesley, 1994.</li></ul>

1	<b>Module name</b> 65980	<b>Kryptographie II</b> Cryptography II	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	Die Vorlesung wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten, wobei jeweils ein spezielles zahlentheoretisches Gebiet (wie elliptische Kurven, quadratische Zahlkörper, Gitter) die Grundlage für kryptographische Anwendungen bildet. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären fortgeschrittene kryptographische Verfahren und ihre mathematischen Hintergründe</li> <li>• setzen geeignete Software zum praktischen Umgang mit den besprochenen Kryptosystemen ein</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kryptographie I</li> <li>• Algebra</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Vorlesungsskript zum Modul

1	<b>Module name</b> 65917	<b>Discrete optimization I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	<b>Contents</b>	Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs),</li> <li>• are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: Linear and Combinatorial Optimization	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 65933	<b>Discrete optimization II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Discrete Optimization II (2 SWS) Übung: Übung Diskrete Optimierung II (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Adrian Göß	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Contents</b>	In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• use basic terms of discrete optimization</li> <li>• model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005</li> <li>• Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014</li> <li>• Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994</li> <li>• Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A-C, Springer 2003</li> <li>• Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986</li> <li>• Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 65580	<b>Elementare Zahlentheorie</b> Elementary number theory	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Yasmine Sanderson	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung der vollständigen Induktion</li> <li>• Division mit Rest</li> <li>• Untergruppen von <math>\mathbb{Z}</math></li> <li>• ggT und kgV</li> <li>• euklidischer Algorithmus</li> <li>• Teilbarkeitslehre</li> <li>• Begriff der Primzahl und Fundamentalsatz der Arithmetik, Primzahlen und Primzahlprobleme,</li> <li>• Diophantik mit Anwendungen</li> <li>• Prime Restklassengruppe</li> <li>• Dezimalbruch-Entwicklung</li> <li>• Algebraische und transzendente Zahlen</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen und erklären grundlegende Begriffe der elementaren Zahlentheorie;</li> <li>• lösen klassische mathematische Probleme.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente der Linearen Algebra I und II sowie Elementeder Analysis I und II</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination Tutorial achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Tutorial achievement (0%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Vorlesungsskript zu diesem Modul	

1	<b>Module name</b> 65110	<b>Funktionalanalysis</b> Functional analysis	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Funktionalanalysis I (4 SWS) Übung: Übung zur Funktionalanalysis I (2 SWS)	10 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Gandalf Lechner	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Günther Grün	
5	<b>Contents</b>	<p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilbert- und Banach-Räume</li> <li>• Sobolev-Räume</li> <li>• Lineare Operatoren</li> <li>• Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach</li> <li>• Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit</li> <li>• Kompakte Operatoren</li> <li>• Lösbarkeit linearer Gleichungen (inklusive Fredholm'sche Alternative)</li> <li>• Spektraltheorie kompakter Operatoren und Anwendungen</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen und erklären die Grundprinzipien der linearen Funktionalanalysis und verwenden diese;</li> <li>• kennen und erklären die Topologien von Hilbert- und Banachräumen, weisen Konvergenz von Folgen in unterschiedlichen Topologien nach (stark, schwach) und zeigen Implikationen aus kompakten Einbettungen auf;</li> <li>• beweisen Aussagen zu Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen linearer Operatorgleichungen und zeigen insbesondere die Existenz schwacher Lösungen zu Randwertproblemen bei linearen elliptischen Differentialgleichungen;</li> <li>• treffen Aussagen zur Integrierbarkeit bzw. Glattheit von Sobolev-Funktionen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Drei der vier Module Lineare Algebra I und II, Analysis I und II müssen bestanden sein.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes) Tutorial achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%) Tutorial achievement (0%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h	

		Independent study: 210 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesungsskripte zu diesem Modul</li><li>• H.W. Alt: Lineare Funktionalanalysis; Springer</li><li>• D. Werner: Funktionalanalysis; Springer</li></ul>

1	<b>Module name</b> 65210	<b>Einführung in die Numerik</b> Introduction to numerics	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Eliminationsverfahren für lineare Gleichungssysteme [Gauß mit Pivotsuche (Erinnerung), Cholesky, LR-Zerlegung für vollbesetzte (Erinnerung) Bandmatrizen]</li> <li>• Linear stationäre iterative Verfahren: Erinnerung und SOR-Verfahren</li> <li>• Verfahren für Eigenwertaufgaben (QR-Verfahren)</li> <li>• Fehleranalyse und Störungsrechnung (Gleitpunktarithmetik, Konditionsanalyse, schlechtgestellte Probleme)</li> <li>• Lineare Ausgleichsrechnung (Orthogonalisierungsverfahren, Numerik der Pseudoinverse)</li> <li>• Iterative Verfahren für nicht-lineare Gleichungssysteme (Fixpunktiteration, Newton-Verfahren, Gauß-Newton)</li> <li>• Interpolation (Polynome, Polynomialsplines, FFT)</li> <li>• Numerische Integration (Newton-Cotes, Gauß, Extrapolation, Adaption)</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden algorithmische Zugänge für Probleme der linearen Algebra und Analysis und erklären und bewerten diese;</li> <li>• urteilen insbesondere über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens;</li> <li>• setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch;</li> <li>• erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: (Direkte und) iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme, nicht-lineare Gleichungssysteme, insbesondere Newton-Verfahren, (nicht)lineare Ausgleichsrechnung, Interpolation und Integration, Numerik von Eigenwertaufgaben;</li> <li>• sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module zur Analysis und Linearen Algebra</li> <li>• Kenntnisse in MATLAB sind zwingend. Diese können in einem jeweils vor Semesterbeginn stattfindenden Kurs erworben werden.</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	

10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 195 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Schaback und H. Wendland: Numerische Mathematik; Springer, Berlin, 2005</li> <li>• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin, 2002</li> <li>• P. Deuffhard und A. Hohmann: Numerische Mathematik I; de Gruyter, Berlin 2002</li> <li>• J. Stoer: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005</li> <li>• J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005</li> <li>• Vorlesungsskript auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik, ständig neu an die Vorlesung angepasst</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 48071	<b>Introduction to Statistics and Statistical Programming</b> Introduction to statistics and statistical programming	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Introduction to Statistics and Statistical Programming (2 SWS)</p> <p>Übung: Computer lab classes "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS)</p> <p>Übung: Problem session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS)</p> <p>Tutorium: Review session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS)</p> <p>Review session: participation voluntary</p>	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christophorus Richard
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to the statistical software R and elementary programming</li> <li>• Descriptive statistics: visualisation and parameters of categorial and metric data, qq-plot, curve fitting, log- and loglog-plots, robust techniques</li> <li>• Inferential statistics: methods for estimating and testing: parametric tests, selected non-parametric tests, exact and asymptotic confidence regions</li> <li>• Simulation: random numbers, Monte carlo</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe and explain standard techniques in descriptive and inferential statistics.</li> <li>• explain their solution of a non-trivial statistical problem to other people and to discuss alternative solutions within a group.</li> <li>• perform statistical standard analyses within a prescribed time limit on the computer, and to correctly interpret the computer output.</li> <li>• perform elementary statistical simulations.</li> <li>• formulate adequate questions concerning a given data set, suggest correct methods for analysis, and to implement these on the computer.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Stochastische Modellbildung (strongly recommended)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Rice: Mathematical Statistics and Data Analysis; Thomson, 2007</li> <li>• <a href="http://www.cran.r-project.org">www.cran.r-project.org</a></li> </ul>

1	<b>Module name</b> 65161	<b>Lineare und Kombinatorische Optimierung</b> Linear and combinatorial optimisation	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Dieter Weninger
5	<b>Contents</b>	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung kombinatorischer und in diesem Kontext linearer Optimierungsprobleme. Wir behandeln klassische Probleme auf Graphen, wie das Kürzeste-Wege-Problem, das Aufspannende-Baum-Problem oder das Max-Flow-Min-Cut-Theorem. Zur Vorlesung gehören auch die Dualität der linearen Optimierung und das Simplexverfahren. Gegenstand der Vorlesung ist zudem die Analyse von Algorithmen und die Vermittlung algorithmischer Grundprinzipien. Neben der vierstündigen Vorlesung werden zweistündige Übungen angeboten. Anhand von Präsenz- und Hausaufgaben werden wesentliche Lerninhalte geübt. Zusätzlich werden Softwareübungen angeboten.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen und analysieren selbstständig kombinatorische Optimierungsprobleme;</li> <li>• erläutern algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an;</li> <li>• klassifizieren komplexe Verfahren des Lerngebietes;</li> <li>• sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Lineare Algebra
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript zu diesem Modul</li> <li>• Schrijver: Combinatorial Optimization Vol. A C; Springer, 2003</li> <li>• Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization; Springer, 2005</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 65255	<b>Mathematische Modellierung Praxis</b> Mathematical modelling practical	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Serge Kräutle
5	<b>Contents</b>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bearbeiten Modellierungsprojekte im Team;</li> <li>• modellieren Alltagsprobleme, lösen sie mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch;</li> <li>• prägen Problemlösungskompetenz aus;</li> <li>• erwerben Schlüsselkompetenzen: prägen durch die Projektarbeit Teammanagement aus, sind durch Berichterstattung in den Projekten zu Vortragspräsentation und wissenschaftlichem Schreiben befähigt.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Theorie</li> <li>• Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semesterigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar paper and presentation
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar paper and presentation (0%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011</li> <li>• F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011</li> <li>• G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley 1986</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 65254	<b>Mathematische Modellierung Theorie</b> Mathematical modelling theory	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Serge Kräutle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Handwerkszeuge der mathematischen Modellierung: Dimensionsanalyse, asymptotische Entwicklung, Stabilitäts-, Sensitivitätsbetrachtungen, Existenz und Nichtnegativität von Lösungen</li> <li>Modelle in Form von linearen Gleichungssystemen (elektrische Netzwerke, Stabwerke, Zusammenhang zu Minimierungsaufgaben), nicht-linearen Gleichungssystemen (chemisches Gleichgewicht in reaktiven Mehrspeziessystemen), Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (chemische Reaktionen, Populationsmodelle)</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen und erklären die grundlegenden und vertiefenden Begriffe mathematischer Modellierung und verwenden die zugehörigen Prinzipien;</li> <li>erstellen und bewerten, auf Basis exemplarischer Kenntnisse aus Ingenieur- und Naturwissenschaften, deterministische Modelle in Form von Gleichungssystemen und gewöhnlichen Differentialgleichungen selbstständig;</li> <li>lösen vorgegebene Aufgaben mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Praxis</li> <li>Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semesterigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen empfohlen</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (15 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011</li> <li>• F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011</li> <li>• G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, 1986</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 65150	<b>Nichtlineare Optimierung</b> Nonlinear optimisation	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unrestringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen, Abstiegsverfahren, Verfahren der konjugierten Richtungen, Variable-Metrik-Methoden und Quasi-Newton-Methoden)</li> <li>Restringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen)</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen und erklären Grundbegriffe der Nichtlinearen Optimierung;</li> <li>modellieren und lösen praxisrelevante Probleme mit Hilfe der erlernten Verfahren;</li> <li>sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Abschluss der Module Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I, Lineare Algebra II und Numerische Mathematik.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 1999</li> <li>Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002</li> <li>W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg, 2002</li> <li>F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004</li> <li>M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 1993</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 407487	<b>Numerical Aspects of Linear and Integer Programming</b> Numerical aspects of linear and integer programming	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revidiertes Simplexverfahren (mit Schranken)</li> <li>• Phase I des Verfahrens</li> <li>• Duales Simplexverfahren</li> <li>• LP Presolve/Postsolve</li> <li>• Skalierung</li> <li>• MIP Solution Techniques</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In den Übungen werden die Studierenden von einem Übungsgruppenleiter betreut.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden erklären und verwenden im Rahmen der Vorlesung Methoden und numerische Verfahren, die zur Lösung von Linearen und Gemischt-ganzzahligen Programmen in der Praxis Anwendung finden.	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Lineare Algebra, Lineare und Kombinatorische Optimierung	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 36 h Independent study: 114 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V. Chvátal: Linear Programming, W. H. Freeman and Company, New York, 1983</li> <li>• L.A. Wolsey: Integer Programming, John Wiley and Sons, Inc., 1998</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 64620	<b>Numerik I für Ingenieure</b> Numerics for engineers I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Michael Fried Wilhelm Merz
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Numerik: Direkte und iterative Lösungsverfahren bei linearen Gleichungssystemen, Interpolation mit Newton-Polynomen und Splines, Quadratur mit Newton-Côtes-Formeln, Extrapolation nach Romberg</li> <li>• Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen: Verschiedene Runge-Kutta Methoden als Einschrittverfahren, Konsistenz, Stabilität- und Konvergenzaussage, Mehrschrittverfahren</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene numerische Methoden zur Lösung linearer Gleichungssysteme</li> <li>• verschiedene Methoden zu beurteilen</li> <li>• Interpolationstechniken und Güte der Approximation</li> <li>• grundlegende Quadraturverfahren und die Beurteilung solcher</li> <li>• grundlegende Diskretisierungsmethoden bei gewöhnlichen Differentialgleichungen</li> <li>• Beurteilung dieser Methoden und Verfahren</li> <li>• algorithmische Umsetzung o.g. Verfahren als Grundlage für Computer-Codes</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Kurse Mathematik für Ingenieure I, II und III
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skripte des Dozenten</li> <li>• H.-R. Schwarz, N. Köckler: [Numerische Mathematik], Teubner</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 64631	<b>Numerik II für Ingenieure</b> Numerics for engineers II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Num2U (2 SWS) Vorlesung: Numerik II für Ingenieure (2 SWS)	- -
3	Lecturers	PD Dr. Nicolas Neuß	

4	<b>Module coordinator</b>	Wilhelm Merz
5	<b>Contents</b>	*Numerik partieller Differentialgleichungen* Finite Differenzenmethode, Stabilität, Konsistenz, Konvergenz, Einführung finite Elementmethode bei elliptischen Problemen, Fehlerschätzer
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären verschiedene Diskretisierungsmethoden</li> <li>• beurteilen diese Diskretisierungsmethoden</li> <li>• leiten Finite Elemente Diskretisierungen elliptischer Probleme her</li> <li>• folgern Aussagen anhand grundlegender Beweistechniken aus oben genannten Bereichen</li> <li>• konstruieren Algorithmen zu Finite Elemente Diskretisierungen</li> <li>• erklären Fehlerschätzer</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Skripte des Dozenten  H. Jung, M. Langer, Methode der Finiten Elemente, Teubner  P. Knabner, L. Angermann, Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer

1	<b>Module name</b> 44050	<b>Optimierung für Ingenieure</b> Optimisation for engineers	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Optimization for Engineers (3 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Johannes Hild	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Johannes Hild	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Introduction to continuous optimization problems and methods with and without constraints</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classification of problem types</li> <li>• Optimality conditions and termination criterions</li> <li>• Descent directions and line search methods</li> <li>• Convergence analysis</li> </ul> <p><b>Unconstrained optimization</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steepest descent and conjugate gradient</li> <li>• Newton-type methods</li> <li>• Nonlinear Least Squares</li> </ul> <p><b>Constrained optimization</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projection methods</li> <li>• Trust Region</li> <li>• Barrier and penalty methods</li> <li>• Interior point methods</li> </ul> <p><b>Noisy Functions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplex Gradient</li> <li>• Implicit Filtering</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Competences</b></p> <p><b>Know</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students list requirements, strengths and weaknesses of common optimization methods.</li> <li>• Students recognize crucial components in existence and convergence proofs in the context of minimizing sequences.</li> </ul> <p><b>Understand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students explain the different components of optimization methods.</li> <li>• Students describe the relationship between requirements and conclusions of existence and convergence theorems in the context of minimizing sequences.</li> </ul> <p><b>Apply</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students check feasibility, well-posedness and constraint qualifications of optimization problems.</li> <li>• Students formulate and solve optimality conditions analytically.</li> <li>• Students apply optimization algorithms to optimization problems.</li> </ul> <p><b>Analyse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students analyse uncommon optimization approaches and extract their requirements, strengths and weaknesses.</li> </ul> <p><b>Evaluate</b></p>	



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students evaluate the class and structure of unsolved optimization problems.</li> <li>• Students choose suitable algorithmic approaches for unsolved optimization problems.</li> </ul> <p><b>Create</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students formulate optimization problems using mathematical methods and structures.</li> <li>• Students modify and combine common optimization routines to create project-specific algorithms for unsolved optimization problems.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Requires contents of the lecture Mathematics for Engineers I, II and III. Especially:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear algebra</li> <li>• Analysis of real valued functions</li> <li>• Differential and integral calculus in multi dimensional spaces</li> </ul> <p>Requires successful participation in the weekly e-learning assessments.</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination</p> <p>5 ECTS: Written exam open book online based on the content of the lecture.</p>
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Written examination (100%)</p> <p>The grade of the module equals the grade of the written exam.</p>
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 45 h</p> <p>Independent study: 105 h</p>
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.: Numerical Optimization. Springer Serie in Operations Research, 2006.</p> <p>Kelley, C. T.: Iterative Methods for Optimization. Frontiers in Applied Mathematics 18, SIAM Philadelphia 1999;</p> <p>Polak, E.: Optimization. Algorithms and Consistent Approximations. Applied Mathematical Sciences, Volume 124, Springer-Verlag New York, 1997.</p> <p>Jarre, F.:Optimierung, Springer 2003;</p>

1	<b>Module name</b> 44060	<b>Optimierung für Ingenieure mit Praktikum</b> Optimisation for engineers (with laboratory)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Optimization for Engineers (3 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Johannes Hild	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Introduction to continuous optimization problems and methods with and without constraints</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classification of problem types</li> <li>• Optimality conditions and termination criteria</li> <li>• Descent directions and line search methods</li> <li>• Convergence analysis</li> </ul> <p><b>Unconstrained optimization</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steepest descent and conjugate gradient</li> <li>• Newton-type methods</li> <li>• Nonlinear Least Squares</li> </ul> <p><b>Constrained optimization</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projection methods</li> <li>• Trust Region</li> <li>• Barrier and penalty methods</li> <li>• Interior point methods</li> </ul> <p><b>Noisy Functions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplex Gradient</li> <li>• Implicit Filtering</li> </ul> <p><b>Programming Laboratory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementation of optimization algorithms</li> <li>• Algorithmic optimization of test problems</li> <li>• Solving a benchmark problem</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Competences</b></p> <p><b>Know</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students list requirements, strengths and weaknesses of common optimization methods.</li> <li>• Students recognize crucial components in existence and convergence proofs in the context of minimizing sequences.</li> <li>• Students identify optimization routines written in a programming language.</li> </ul> <p><b>Understand</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students explain the different components of optimization methods.</li> <li>• Students describe the relationship between requirements and conclusions of existence and convergence theorems in the context of minimizing sequences.</li> </ul> <p><b>Apply</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students check feasibility, well-posedness and constraint qualifications of optimization problems.</li> <li>• Students formulate and solve optimality conditions analytically.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Students apply optimization algorithms to optimization problems.</li> </ul> <p><b>Analyse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Students analyse uncommon optimization approaches and extract their requirements, strengths and weaknesses.</li> <li>Students observe the behavior of common optimization algorithms applied to numerical test problems.</li> </ul> <p><b>Evaluate</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Students evaluate the class and structure of unsolved optimization problems.</li> <li>Students choose suitable algorithmic approaches for unsolved optimization problems.</li> </ul> <p><b>Create</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Students formulate optimization problems using mathematical methods and structures.</li> <li>Students modify and combine common optimization routines to create project-specific algorithms for unsolved optimization problems.</li> <li>Students plan and implement optimization algorithms in a programming language.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Requires contents of the lecture Mathematics for Engineers I, II and III. Especially:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Linear algebra</li> <li>Analysis of real valued functions</li> <li>Differential and integral calculus in multi dimensional spaces</li> </ul> <p>Requires successful participation in the weekly e-learning assessments and lab programming works.</p> <p>Requires basic knowledge in the implementation of algorithms and data structures in a development environment.</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination Tutorial achievement</p> <p>5 ECTS: Written exam open book online based on the content of the lecture.</p> <p>2.5 ECTS: Completing the programming homework assignments of the laboratory within the specific deadlines.</p> <p>Both parts can be done independently from each other.</p>
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Written examination (100%) Tutorial achievement (0%)</p> <p>The grade of the module equals the grade of the written exam. The laboratory is only pass or fail and does not influence the grade of the module.</p>

12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Nocedal, Jorge and Wright, Stephen J.: Numerical Optimization. Springer Serie in Operations Research, 2006.</p> <p>Kelley, C. T.: Iterative Methods for Optimization. Frontiers in Applied Mathematics 18, SIAM Philadelphia 1999;</p> <p>Polak, E.: Optimization. Algorithms and Consistent Approximations. Applied Mathematical Sciences, Volume 124, Springer-Verlag New York, 1997.</p> <p>Jarre, F.: Optimierung, Springer 2003;</p>

1	<b>Module name</b> 65923	<b>Optimization in industry and economy</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	<b>Contents</b>	<p>This course focuses on modeling and solving real-world optimization problems occurring in industry and economics. Advantages and disadvantages of different modeling techniques will be outlined. In order to achieve efficient solution approaches, different reformulations and their numerical results will be discussed. Students will learn how to present optimization results properly as well as how to interpret and evaluate these results for practical applications. The latter may include but is not limited to the optimization of transport networks (gas, water, energy), air traffic management and mathematical modeling/optimization of market mechanisms in the energy sector.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• model complex real-world optimization problems with respect to efficient</li> <li>• solvability,</li> <li>• classify the models and use appropriate solution strategies,</li> <li>• evaluate the achieved computational results.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: Modul LKOpt: Linear and combinatorial optimization	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes (will be published on StudOn at the beginning of the semester)</li> <li>• Up-to-date research literature (will be published on StudOn at the beginning of the semester)</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 65175	<b>Robuste Optimierung 1</b> Robust optimization	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 1 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Florian Rösel Martina Kuchlbauer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten, zulässig sind.</p> <p>Die Vorlesung behandelt die Theorie und Modellierung robuster Optimierungsprobleme, insbesondere die robuste lineare und robuste kombinatorische Optimierung.</p> <p>Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die wiederherstellbare Robustheit gelehrt.</p> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen selbstständig Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet und analysieren diese;</li> <li>• nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Lineare Algebra Vorteilhaft ist das Modul Lineare und Kombinatorische Optimierung.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript zu diesem Modul</li> </ul>	

- Ben-Tal, El Ghaoui, Nemirovski: Robust Optimization;  
Princeton University Press

1	<b>Module name</b> 65918	<b>Robust optimization II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 2 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 2 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Martina Kuchlbauer Florian Rösel	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In practice, provided data for mathematical optimization problems is often not fully known. Robust optimization aims at finding the best solution which is feasible for input data varying within certain tolerances. The lecture covers advanced methods of robust optimization in theory and modeling. In particular, robust network flows, robust integer optimization and robust approximation are included. Further, state-of-the-art concepts, e.g., "light robustness" or "adjustable robustness" will be discussed by means of real-world applications.</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>will be able to identify complex optimization problems under uncertainties as well as suitably model and analyze the corresponding robust optimization problem with the help of advanced techniques of robust optimization,</li> <li>learn the handling of appropriate solving techniques and how to analyze the corresponding results.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recommended: Robust Optimization I</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lecture notes, will be published on StudOn at the beginning of the semester.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 65080	<b>Topologie</b> Topology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Topologie (2 SWS) Vorlesung: Topologie (4 SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Kang Li	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Karl-Hermann Neeb
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome</li> <li>• Erzeugung von Topologien (initiale, finale, Quotienten etc.)</li> <li>• Konvergenz in topologischen Räumen (Filter, Netze)</li> <li>• Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume)</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die Methoden der allgemeinen Topologie, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommen, an;</li> <li>• ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Mathematik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript zu diesem Modul</li> </ul>

# Minor subject: Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE).

1	<b>Module name</b> 47679	<b>Advanced Upper-Limb Prosthetics</b> Advanced upper-limb prosthetics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to upper-limb prosthetics (ULPs): background, motivation, body- vs. self-powered; state of the art</li> <li>• ULPs as robotic arms: challenges and open questions</li> <li>• Human-machine interfaces for ULPs</li> <li>• Sensor modalities: surface electromyography and more</li> <li>• Intent detection for ULPs: reliability, dexterity, pattern recognition, incrementality, interactive machine learning</li> <li>• Feedback and sensory substitution</li> <li>• Human-Machine Interaction in ULPs</li> <li>• Designing ULP experiments</li> <li>• The clinical perspective: impacting on the amputees everyday life</li> </ul> <p>In the exercises, problems will be solved by working out code.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students who have followed the course</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have a broad understanding of ULPs</li> <li>• can conceive and design an intent-detection + feedback system for ULPs, given a set of requirements / specifications</li> <li>• have knowledge about the clinical situation in the world of ULPs</li> <li>• can tackle previously unknown problems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• basic maths, especially statistics</li> <li>• fundamentals of signal processing and machine learning</li> <li>• mid-level programming ([Python], [C#] or similar)</li> <li>• fundamentals of experimental psychology</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• *[2002]* [Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal], M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario.</li> </ul>	

- \*[2010]\* |Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information|, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović.
- \*[2011]\* |Electromyogram pattern recognition for control of powered upper-limb prostheses: State of the art and challenges for clinical use|, E. Scheme and K. Englehart.
- \*[2012]\* |Control of Upper Limb Prostheses: Terminology and Proportional Myoelectric ControlA Review|, A. Fougner, Ø. Stavadahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier and P. A. Parker.
- \*[2015]\* |A survey of sensor fusion methods in wearable robotics|, D. Novak and R. Riener
- \*[2016]\* |Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction|, C. Castellini.
- \*[2016]\* |New developments in prosthetic arm systems|, I. Vujaklija, D. Farina and O.C. Aszmann.
- \*[2019]\* |Upper-limb active prosthetics: an overview|, C. Castellini.

1	<b>Module name</b> 93101	<b>AI in medical robotics</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich	
5	<b>Contents</b>	<p>This module is concerned with artificial intelligence technologies in medical robotics and with methods that establish different forms of intelligence in medical robotic systems. Participants will become familiar with the design and application of AI methods and algorithms for perception, motor control, planning, cognition and learning and with their application in biorobotic systems and robotic solutions for diagnosis and treatment. Application domains include minimally invasive surgery, motor rehabilitation, exoskeletons and assistive devices, as well as medical service robotics. The taught methods will be applied to application data during designated computer exercises that are integrated into the course.</p> <p>Topics include, but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic principles and classification of artificial intelligence</li> <li>• Overview of medical robotic applications for AI methods and technologies</li> <li>• Perception in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots</li> <li>• Motion planning in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots</li> <li>• Adaptation and Learning in Human-Robotic Systems</li> <li>• Motion learning in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots</li> <li>• Cognition in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots</li> <li>• Application Example: Perception in a robotic surgery system</li> <li>• Application Example: Motor learning in a compliant upper-limb rehabilitation robot</li> <li>• Application Example: Locomotion in a medical service robot</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to employ artificial intelligence technologies and methods for applications in medical robotics.</li> <li>• They are capable of understanding and handling the complexity of biorobotic AI systems and have command of a versatile set of methods for analyzing and further advancing such systems.</li> <li>• They are able to combine different tools and methods to achieve intelligent perception, planning, control, learning and cognition in robotic solutions for minimally invasive surgery, motor rehabilitation robotics, and medical service robotics.</li> </ul>	

7	<b>Prerequisites</b>	Participants should be familiar with fundamentals of linear algebra. It is advantageous but not required to have some prior knowledge on linear dynamic systems or basic probability theory.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96837	<b>A look inside the human body - gait analysis and simulation</b>	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Anne Koelewijn	
5	<b>Contents</b>	<p>The aim of this lecture is to teach methods of gait analysis and simulation. Gait analysis experiments will be covered, as well as more modern approaches to gather walking data. Techniques to process gait analysis experiments are discussed, as well as dynamic models that can be used to create gait simulations. This lecture addresses the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Measurement systems for gait analysis</li> <li>• Methods to calculate joint kinetics and kinematics from experimental data</li> <li>• Muscle biology, specific to force generation, and modelling of muscles</li> <li>• Methods to calculate muscle activation from experimental data</li> <li>• Energetics of walking</li> <li>• Multibody dynamics</li> <li>• Creating simulations of gait</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Learning objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Be familiar with the existing measurement options for gait analysis</li> <li>• Know state-of-the art techniques to process gait analysis experiments</li> <li>• Select an appropriate processing technique for a specific experiment</li> <li>• Understand how gait could be simulated and where these simulations could be applied</li> <li>• Know the function of the different components of the human body that are involved in locomotion</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	

16

**Bibliography**

- Winter, David A. Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons, 2009.
- Kelly, Matthew. "An introduction to trajectory optimization: How to do your own direct collocation." SIAM Review 59.4 (2017): 849-904.



1	<b>Module name</b> 23070	<b>Biomedizinische Signalanalyse</b> Biomedical signal analysis	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Daniel Krauß
5	<b>Contents</b>	<p><b>Inhalt</b> Im Rahmen der Vorlesung werden (a) die Grundlagen der Generation von wichtigen Biosignalen im menschlichen Körper, (b) die Messung von Biosignalen und (c) Methoden zur Analyse von Biosignalen erläutert und dargestellt.</p> <p>Behandelte Biosignale sind unter anderem Aktionspotential (AP), Elektrokardiogramm (EKG), Elektromyogramm (EMG), Elektroenzephalogramm (EEG), oder Mechanomyogramm (MMG). Bei der Messung liegt der Fokus beispielsweise auf der Messtechnik oder der korrekten Sensor- bzw. Elektrodenanbringung. Im größten Teil der Vorlesung, Analyse von Biosignalen, werden Konzepte zur Filterung für die Artefaktreduktion, der Wavelet Analyse, der Ereigniserkennung und der Wellenformanalyse behandelt. Zum Schluss wird einen Einblick in überwachte Verfahren der Mustererkennung gegeben.</p> <p>Für weitere Informationen, besuchen Sie bitte unseren zugehörigen StudOn Kurs.</p> <p><b>Content</b> The lecture content explains and outlines (a) basics for the generation of important biosignals of the human body, (b) measurement of biosignals, and (c) methods for biosignals analysis.</p> <p>Considered biosignals are among others action potential (AP), electrocardiogram (ECG), electromyogram (EMG), electroencephalogram (EEG), or mechanomyogram (MMG). The focus during the measurement part is for example the measurement technology or the correct sensor and electrode placement. The main part of the lecture is the analysis part. In this part, concepts like filtering for artifact reduction, wavelet analysis, event detection or waveform analysis are covered. In the end, an insight into pattern recognition methods is obtained.</p> <p>For more information, please visit our associated StudOn course</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Kurses</b></p> <p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Entstehung, Messung und Charakteristika der wichtigsten Biosignale des menschlichen Körpers wiedergeben</li> </ul> <p><b>Verstehen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die wesentlichen Ursachen von Artefakten in Biosignalen erklären</li> </ul>

- Zusammenhänge zwischen der Entstehung der Biosignale des menschlichen Körper und dem gemessenen Signal erklären
- Messmethoden der wichtigsten Biosignale erklären
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten erläutern
- bekannte Algorithmen der Verarbeitung bestimmter Biosignale erklären (z.B. Pan Tompkins für EKG)
- typische Komponenten und ihre Bedeutung in einer generischen Signalanalyse Kette erläutern
- die Struktur und Funktionsweise von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster darstellen

#### **Anwenden**

- Signalcharakteristiken im Zeit- und Frequenzbereich bestimmen
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung anwenden und in Python implementieren
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten anwenden und in Python implementieren
- Methoden selbstständig auf interdisziplinäre Fragestellungen der Medizin und der Ingenieurwissenschaften anwenden
- das Ergebnis von typischen Filteroperationen abschätzen

#### **Analysieren**

- Filtercharakteristika von Schaltkreisen ableiten
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung vergleichen
- Klassifikationsprobleme in Python lösen
- Typische Artefakte in Biosignalen erkennen und Lösungsstrategien vorschlagen

#### **Evaluieren (Beurteilen)**

- Biosignale mit medizinischen Normalwerten vergleichen und im medizinischen Kontext evaluieren
- Klassifikationsergebnisse beurteilen
- die Bedeutung der Biosignalverarbeitung für die Medizintechnik diskutieren
- Probleme in Gruppen kooperativ und verantwortlich lösen und in der Übungsgruppe bzw. im Forum diskutieren

#### **After completion of the course, students are able to**

##### **Knowledge**

- reproduce the generation, measurement, and characteristics of important biosignals of the human body

##### **Understanding**

- explain the causes of artifacts in biosignals
- explain relations between the generation of biosignals and the measured signal
- explain methods for the measurement of important biosignals
- explain filter operations for the reduction of artifacts
- explain algorithms for the analysis of important biosignals (e.g. Pan Tompkins for EKG)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• explain typical components and their importance in the signal analysis chain</li> <li>• explain the structure and functioning of systems for machine learning and pattern recognition</li> </ul> <p><b>Application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• determine signal characteristics in the time and frequency domain</li> <li>• apply and implement algorithms for signal analysis in Python</li> <li>• implement filter operations for the reduction of artifacts in Python</li> <li>• estimate the result of filter operations</li> <li>• apply methods to interdisciplinary problems in medicine and medical engineering</li> </ul> <p><b>Analyze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive filter characteristics from electric circuits</li> <li>• compare signal analysis algorithms</li> <li>• solve classification problems in Python</li> <li>• recognize typical artifacts in biosignals and propose solutions for their reduction</li> </ul> <p><b>Evaluation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• compare biosignals with medical norm values and evaluate them in a medical context</li> <li>• evaluate classification results</li> <li>• discuss the importance of biomedical signal analysis for medical engineering</li> <li>• solve and discuss problems in groups cooperatively in the group excercises and the online forum</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>The Biosig lectures and exercises do not have formal requirements. However, we expect you to have some knowledge about the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of Physiology and Anatomy (High-school level)</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Basic elements of electronic circuits (resistor, capacitor, inductor) and related equations</li> </ul> </li> <li>• Basic math: Integration, Differentiation, Limits</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Fourier Transform (qualitative understanding)</li> <li>◦ Basic filter types</li> <li>◦ z-plane (qualitative understanding)</li> </ul> </li> </ul> <p>Furthermore, some knowledge in the following topics will be beneficial to easily understand the content of the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced filter concepts</li> <li>• z-plane math / z-transform / pole-zero plots</li> <li>• Frequency domain math / detailed understanding of Fourier transform and its properties</li> <li>• Laplace transform</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Basics of Python (for the exercises)</li> </ul> <p>If you want to refresh your knowledge on all the aforementioned topics, we recommend the following lectures and online resources: Note that some of them go beyond the requirements of this lecture for many topics!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Signals and Systems I</li> <li>Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker</li> <li>Video Series: Introduction to discrete Control (and further videos from this channel, as general introduction to filter and z-plane math)</li> <li>A visual introduction to Fourier Transform</li> <li>Udacity Python Course Course materials from the Stanford "Introduction to Scientific Python"</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Electronic Exam (in presence), 90min.</p>
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R.M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis: A case-study approach. 1st ed., 2002, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> <li>E.N. Bruce, Biomedical Signal Processing and Signal Modeling. 1st ed., 2001, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44445	<b>Cognitive Neuroscience for AI Developers</b> Cognitive neuroscience for AI developers	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Cognitive Neuroscience for AI Developers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. rer. nat. Patrick Krauß Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Dr. rer. nat. Achim Schilling	

4	<b>Module coordinator</b>		
5	<b>Contents</b>	<p>Neuroscience has played a key role in the history of artificial intelligence (AI), and has been an inspiration for building human-like AI, i.e. to design AI systems that emulate human intelligence.</p> <p>Neuroscience provides a vast number of methods to decipher the representational and computational principles of biological neural networks, which can in turn be used to understand artificial neural networks and help to solve the so called black box problem. This endeavour is called neuroscience 2.0 or machine behaviour. In addition, transferring design and processing principles from biology to computer science promises novel solutions for contemporary challenges in the field of machine learning. This research direction is called neuroscience-inspired artificial intelligence.</p> <p>The course will cover the most important works which provide the cornerstone knowledge to understand the biological foundations of cognition and AI, and applications in the areas of AI-based modelling of brain function, neuroscience-inspired AI and reverse-engineering of artificial neural networks.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the principles of neural information processing in the brain</li> <li>• compare and analyze methods from neuroscience to study neural networks</li> <li>• explain the neuroscientific underpinnings of artificial intelligence</li> <li>• explain principles and concepts of cognitive science</li> <li>• explain principles and concepts of neuroscience</li> <li>• compare and analyze machine learning methods to analyze neural data</li> <li>• explain approaches from deep learning to model brain function</li> <li>• discuss the commonalities of neuroscience and artificial intelligence</li> <li>• implement the presented methods in Python</li> <li>• explain concepts from cognitive neuroscience for the design of artificial intelligence systems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	

9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Gazzaniga, Michael. Cognitive Neuroscience - The Biology of the Mind. W. W. Norton & Company, 2018.  Ward, Jamie. The Student's Guide to Cognitive Neuroscience. Taylor & Francis Ltd., 2019.  Bermúdez, José Luis. Cognitive Science: An Introduction to the Science of the Mind. Cambridge University Press, 2014.  Friedenberg, Jay D., and Silverman, Gordon W. Cognitive Science: An Introduction to the Study of Mind. SAGE Publications, Inc., 2015.  Gerstner, Wulfram, et al. Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press, 2014.

1	<b>Module name</b> 655844	<b>Kolloquium im Bereich Mustererkennung</b> Colloquium: Pattern recognition	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Kolloquium: Kolloquium Inverse Problems and Applications (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Learning Approaches for Medical Big Data Analysis (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Hybride Bildgebung (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Image Analysis (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Image Fusion (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Animal Speech (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Computer Vision (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Magnetic Resonance Imaging (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Human Speech (2 SWS) Kolloquium: Kolloquium Precision Learning (2 SWS)	- - - - - 2,5 ECTS - - 2,5 ECTS -
3	Lecturers	Mareike Thies Fabian Wagner Dalia Rodriguez Salas Daniel Stromer Prof. Dr. Torsten Kuwert Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger Christian Bergler Alexander Barnhill Dr.-Ing. Vincent Christlein Prof. Dr. Florian Knoll Paula Andrea Pérez Toro Yixing Huang	

4	<b>Module coordinator</b>	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner
5	<b>Contents</b>	Die Studierenden wählen ein Seminarthema aus dem Forschungsgebiet des jeweiligen Kolloquiums und werden so an die aktuelle Forschung auf diesem Gebiet herangeführt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen die Literaturrecherche.</li> <li>• arbeiten sich selbstständig anhand der gefundenen Literatur in das Spezialgebiet des jeweiligen Kolloquiums ein.</li> <li>• wählen einen Schwerpunkt und bereiten diesen im Rahmen einer Präsentation so auf, dass er für andere Teilnehmer des Seminars, insbesondere andere Studierende, verständlich ist.</li> <li>• lernen die Anforderungen an einen wissenschaftlichen Vortrag auf einer internationalen Konferenz kennen.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>halten einen Vortrag in der international üblichen Fachsprache Englisch.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Die Teilnahme an unseren Kolloquien eignet sich insbesondere für Studierende in der Vertiefungsrichtung Mustererkennung, die bereits eine Vorlesung oder ihre Bachelor-/Masterarbeit in dem entsprechenden Themengebiet des Kolloquiums gemacht haben und Interesse an den aktuellen Forschungsthemen des jeweiligen Spezialgebiets haben.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 44157	<b>Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology</b> Interfacing the neuromuscular system: Applications for Human/machine interfaces and neurophysiology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio	
5	<b>Contents</b>	<p>Module: Principles of Neural control of movement and neuroengineering How the central nervous system controls muscle forces; Neurons, upper and lower motoneurons, Cortical and brainstem function, Interneurons and Motor Units. Neuroengineering applications for studying the neural control of movement; invasive and non-invasive recordings, electrical stimulation of the nervous system.</p> <p>Module: Electrophysiology Generation of an action potential; HodgkinHuxley model, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes. Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings.</p> <p>Module: Applications to Human/Machine Interfaces Biosignal processing; data with high temporal resolution, identification of individual neurons, associations between neuronal discharge times and behaviour; control of prosthetic devices from EMG signals in amputees and neurodegenerative and neurotraumatic diseases.</p> <p>Module: Applications to Neurophysiology Neuronal encoding of behaviour; motor unit physiology in humans; motoneuron properties, longitudinal assessment of neuronal function.</p> <p>Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students will acquire in-depth skills in the acquisition, analysis, and interpretation of electrophysiological data with a specific focus on human recordings in health and pathological conditions (e.g., spinal cord injury, stroke, and Parkinsons disease). The goal of this course is to teach the current methods in man/machine interfaces and neurophysiological applications. The course will provide information on the neural circuitries that determine coordinated movement. The specific focus is on the motor system that regulates skilled motor behaviour. We will study the physiological pathways of the motor system and the effect of neurodegenerative diseases that affect this system. Ultimately, this course will give students a robust overview of how to use electrophysiology in order to assist individuals with neural impairments.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>No compulsory prerequisites. Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.</p>	

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination Written examination.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Oral examination 100%
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD</li> <li>• Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087</li> <li>• Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina</li> <li>• Neural Engineering, Edited by Bin He</li> <li>• Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al.</li> </ul> <p><a href="https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426">https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller <a href="https://www.nature.com/articles/nrn3724">https://www.nature.com/articles/nrn3724</a></li> </ul>

1	<b>Module name</b> 47671	<b>Interpretation and Analysis of Neural and Muscle Signals (BioSignalS)</b> Interpretation and analysis of neural and muscle signals (BioSignalS)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Prof. Seung Hee Yang
5	<b>Contents</b>	Lecture: Fundamentals of speech signals, electrocardiogram, and electromyography. Lecture: Principles of neural signals Generation of an action potential; Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG, EEG, intracortical data, and audio signals. Lecture: Speech signals and processing Lecture: ECG signal and processing Lecture: EMG signal and processing Association between EMG and voluntary force; Interpretation of multi-channel EMG signals; Neuronal encoding of behaviour; motor unit physiology in humans; motoneuron properties, longitudinal assessment of neuronal function; voice biomarkers for diagnosis and treatment of neurological disease; automatic speech recognition; speech pathology. Lecture: MATLAB / Python practical coursework Biosignal processing; data with high temporal resolution, identification of individual neurons, associations between neuronal discharge times and behaviour; control of prosthetic devices from neural signals. Extraction of neural information from speech and ECG signals, electrophysiological signals, and data mining and neural network model training on these signals. Practical work: literature overview on these signals and a critical analysis on how to merge these signals for an artificial intelligent system that can detect and prevent neural and/or muscular pathologies.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students describe the acquisition, analysis, and interpretation of data from different structures (brain, heart, and articulatory muscles). As the goal of this course, students learn the current methods in time-series analysis and understand how to potentially merge the information from these different sources in an AI system.
7	<b>Prerequisites</b>	No compulsory prerequisites. <b>Recommended:</b> Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Presentation and paper.

11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%) Presentation: 50%, paper: 50%.
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>-Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD</p> <p>-Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087</p> <p>-Neural Engineering, Edited by Bin He</p> <p>- Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426">https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426</a></p> <p>- Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller <a href="https://www.nature.com/articles/nrn3724">https://www.nature.com/articles/nrn3724</a></p> <p>- <i>Speech and Language Processing</i>, 2nd Edition by Daniel Jurafsky and James Martin. Prentice Hall (2008).</p> <p>- <i>Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach (Signals and Communication Technology)</i>. 2015th Edition by Li Deng</p>

- Alday, Erick A. Perez, et al. "Classification of 12-lead ecgs: the physionet/computing in cardiology challenge 2020." Physiological measurement 41.12 (2020): 124003.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/abc960/meta>

- Orozco-Arroyave, Juan Rafael, et al. "Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement." Neurodegenerative Disease Management 10.3 (2020): 137-157.

[https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/nmt-2019-0037?casa\\_token=FLKpZKgV3WcAAAAA%3ApZ7cX9gMQL50cO0Z\\_sosJPfVQ\\_KIVjsvRWoaMITqRgXYkyP8N3KBBPIYnOnj843qs7CWQ](https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/nmt-2019-0037?casa_token=FLKpZKgV3WcAAAAA%3ApZ7cX9gMQL50cO0Z_sosJPfVQ_KIVjsvRWoaMITqRgXYkyP8N3KBBPIYnOnj843qs7CWQ)

1	<b>Module name</b> 44140	<b>Interventional Medical Image Processing</b> Interventional medical image processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Interventional Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	<b>Contents</b>	<p>English Version:</p> <p>This module focuses on recent developments in image processing driven by medical applications. All algorithms are motivated by practical problems. The mathematical tools required to solve the considered image processing tasks will be introduced. The module starts with an overview on preprocessing algorithms such as scatter correction for x-ray images, edge detection, super-resolution and edge-preserving noise reduction. The second chapter describes automatic image analysis using feature descriptors, key point detection, and segmentation using bottom-up algorithms such as the random walker or top-down approaches such as active shape models. Furthermore, the module covers geometric calibration algorithms for single view calibration, epipolar geometry, and factorization. The last part of the module covers non-rigid registration based on variational methods and motion-compensated image reconstruction.</p> <p>Deutsche Version:</p> <p>Das Modul ist auf die jüngsten Entwicklungen in der Verarbeitung von medizinischen Bildern ausgerichtet. Alle Algorithmen werden durch praktische Probleme motiviert. Die mathematischen Werkzeuge, die für die Bildverarbeitungsaufgaben benötigt werden, werden eingeführt. Das Modul beginnt mit einem Überblick über Vorverarbeitungsalgorithmen, wie zum Beispiel Streustrahlkorrektur für Röntgenbilder, Kantenerkennung, Superresolution und kantenerhaltende Rauschunterdrückung. Das zweite Kapitel beschreibt die automatische Bildanalyse mit Merkmalsdeskriptoren, Punkterkennung und Segmentierung mit Bottom-up-Algorithmen wie dem Random-Walker oder Top-Down-Ansätzen wie aktiven Formmodellen. Darüber hinaus deckt die Vorlesung auch geometrische Kalibrierungsalgorithmen zur Einzelansicht-Kalibrierung, Epipolargeometrie und Faktorisierung ab. Der letzte Teil des Moduls deckt nicht-starre Registrierung auf der Grundlage von Variationsmethoden und bewegungskompensierter Bildrekonstruktion ab.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>English Version:</p> <p>The participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>summarize the contents of the lecture.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• apply pre-processing algorithms such as scatter correction and edge-preserving filtering.</li> <li>• extract information from images automatically by image analysis methods such as key point detectors and segmentation algorithms.</li> <li>• calibrate projection geometries for single images and image sequences using the described methods.</li> <li>• develop non-rigid registration methods using variational calculus and different regularizers.</li> <li>• adopt algorithms to new domains by appropriate modifications.</li> </ul> <p>Deutsche Version: Die Teilnehmenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fassen die Inhalte der Vorlesung zusammen.</li> <li>• wenden Vorverarbeitungsalgorithmen wie Streustrahlkorrektur und kantenerhaltende Filterung an.</li> <li>• extrahieren automatisch Informationen aus Bildern, indem sie Bildanalyseverfahren wie Punktdetektoren und Segmentierungsalgorithmen verwenden.</li> <li>• kalibrieren Projektionsgeometrien für Einzelbilder und Bildsequenzen mit den beschriebenen Methoden.</li> <li>• entwickeln nicht-starre Registrierungsmethoden mit Hilfe von Variationsrechnung und unterschiedlichen Regularisierern.</li> <li>• wenden Algorithmen auf neue Modalitäten durch entsprechende Änderungen im Algorithmus an.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 95811	<b>Medizintechnik II (Bildgebende Verfahren)</b> Medical engineering II (imaging techniques)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Medizintechnik II Rechnerübung (2 SWS) Vorlesung: Medizintechnik II (4 SWS) Übung: Medizintechnik II Tafelübung (2 SWS) No. The module is offered in a hybrid format. About 26 students can attend the lecture in the course room, the rest of the participants can attend online (more information in StudOn).	- 3,75 ECTS 1,25 ECTS
3	Lecturers	Mischa Dombrowski Annika Hofmann Marc Vornehm	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Kainz Prof. Dr. Florian Knoll
5	<b>Contents</b>	The MT II module is aimed at students of the medical engineering degree programme and is one of the basic lectures there in the field of informatics. Methods and devices that process and display the anatomy and function of the body for diagnosis and therapy are explained. Emphasis is placed on understanding and applying basic algorithms of medical image processing, such as segmentation, filtering and image reconstruction. Modalities presented include X-ray systems, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), optical coherence tomography (OCT) and ultrasound (US).
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students will <ul style="list-style-type: none"> <li>• recognise and reproduce essential methods and modalities of medical imaging</li> <li>• understand and explain basic physical principles of medical imaging</li> <li>• independently apply acquired knowledge of methods to interdisciplinary problems in medicine and engineering sciences</li> <li>• implement algorithms of medical imaging in the programming language Java</li> <li>• apply the contents of the lecture in independent but supervised project work to a concrete medical problem</li> <li>• acquire interface competence between engineering sciences and medicine</li> <li>• learn to present subject-related content clearly and in a manner appropriate to the target group</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written Project work: Implementation on the computer and written report (generally about 7 pages)



11	<b>Grading procedure</b>	Written (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 30 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Arnulf Oppelt: Imaging Systems for Medical Diagnostics, Publicis Kommunikations AG, Erlangen, 2005

1	<b>Module name</b> 44151	<b>Medical Image Processing for Diagnostic Applications</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Diagnostic Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	<b>Contents</b>	<p>English version: The contents of the module comprise basics about medical imaging modalities and acquisition hardware. Furthermore, details on acquisition-dependent preprocessing are covered for image intensifiers, flat-panel detectors, and MR. The fundamentals of 3D reconstruction from parallel-beam to cone-beam reconstruction are also covered. In the last chapter, rigid registration for image fusion is explained.</p> <p>Deutsche Version: Die Inhalte des Moduls umfassen Grundlagen der medizinischen Bildverarbeitung und Aufnahmeprinzipien. Darüber hinaus werden Details der Vorverarbeitung für Bildverstärker, Flachpaneldetektoren und MR erklärt. Die Grundlagen der Rekonstruktion von Parallelstrahl bis hin zur Kegelstrahl-Tomographie werden ebenfalls behandelt. Im letzten Kapitel wird starre Registrierung für Bildfusion erläutert.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>English Version: The participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the challenges in interdisciplinary work between engineers and medical practitioners.</li> <li>• develop understanding of algorithms and math for diagnostic medical image processing.</li> <li>• learn that creative adaptation of known algorithms to new problems is key for their future career.</li> <li>• develop the ability to adapt algorithms to different problems.</li> <li>• are able to explain algorithms and concepts of the module to other engineers.</li> </ul> <p>Deutsche Version: Die Teilnehmenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Herausforderungen in der interdisziplinären Arbeit zwischen Ingenieuren und Ärzten.</li> <li>• entwickeln Verständnis für Algorithmen und Mathematik der diagnostischen medizinischen Bildverarbeitung.</li> <li>• erfahren, dass kreative Adaption von bekannten Algorithmen auf neue Probleme der Schlüssel für ihre berufliche Zukunft ist.</li> <li>• entwickeln die Fähigkeit Algorithmen auf verschiedene Probleme anzupassen.</li> <li>• sind in der Lage, Algorithmen und Konzepte des Moduls anderen Studierenden der Technischen Fakultät zu erklären.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Ingenieurmathematik	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	

9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47674	<b>Movement Neuroscience: Connections between Brain and Muscles in Humans</b> Movement Neuroscience: Connections between brain and muscles in humans	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio	
5	<b>Contents</b>	<p>Module: Principles of Neural control of movement and neuroengineering How the central nervous system controls muscle forces; Neurons, upper and lower motoneurons, Cortical and brainstem function, Interneurons and Motor Units. Neuroengineering applications for studying the neural control of movement; invasive and non-invasive recordings, electrical stimulation of the nervous system.</p> <p>Module: Electrophysiology Generation of an action potential, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes.</p> <p>Module: Generation of EMG signals and analysis Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings.</p> <p>Module: Oscillations in neuronal networks Coherence analysis; Common synaptic input to populations of neurons; Noise in the nervous system; Associations between EEG and EMG signals; Startle responses</p> <p>Module: Simulation of muscle forces from the firing of individual motoneurons Motor unit model, HodgkinHuxley model, Muscle Properties</p> <p>Module: EMG signals in Neural Pathologies Parkinsons and Spinal Cord Injury, Motor unit analysis in neurodegenerative and neurotraumatic diseases.</p> <p>Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students understand motor function at the brain and muscle level. The students describe how these systems are organized and what information can be extracted from the brain and muscles with the use of EMG signals. Moreover, students explore the acquisition, analysis, and interpretation of electrophysiological data with a specific focus on human recordings in health and pathological conditions (e.g., spinal cord injury, stroke, and Parkinsons disease).	
7	<b>Prerequisites</b>	No compulsory prerequisites. <b>Recommended:</b> Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.	

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable Online exam (60 min.)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>- Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426">https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426</a></p> <p>-Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD</p> <p>-Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087</p> <p>-Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina</p> <p>-Ibanez et al. 2021 J Neurosci <a href="https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2908-20.2021">https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2908-20.2021</a></p>

1	<b>Module name</b> 47669	<b>Physiological Driven Control and Design of Exoskeletons (NEXO)</b> Physiological driven control and design of exoskeletons (NEXO)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio	
5	<b>Contents</b>	<p>Lecture: Control of exoskeletons by neural signals Extraction of signals for control for exoskeleton; user expectations and clinical reality; closed-loop control of exoskeleton;</p> <p>Lecture: Principles of neural signals and translation for control Recording electrophysiological data in humans; EMG, EEG, intracortical data and electrocorticography (ECoGs).</p> <p>Lecture: Actuators and Sensors for Exoskeletons In robotics soft systems are a new paradigm to realize compliant kinematics. An insight into those actuators and sensors helps to select a combination of soft and rigid components for exoskeletons.</p> <p>Lecture: Using ROS to control mechatronic assistive devices Using an established framework for the development of assistive devices enables the efficient prototyping of application specific solutions.</p> <p>Lecture: EMG signal and processing</p> <p>Association between EMG and intended movements, identification of individual motoneurons; time delays between neural signals and control; integration of EMG signals into exoskeletons.</p> <p>Lecture: MATLAB / Python practical coursework Biosignals processing of neural signals; associations between neural signals and function (dynamic and static)</p> <p>Practical work: literature overview on current state of the art in exoskeleton and a critical analysis on the design of a physiologically driven exoskeleton for the upper arm.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students learn about the state of the art of exoskeleton for the upper and lower limb, with a specific focus on the upper limb. As the goal of this course, students describe the current methods in associating neural signals to control assistive devices and to design an exoskeleton for the upper limb.	
7	<b>Prerequisites</b>	<b>This seminar is not offered in WS 22/23!</b>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h	

		Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47617	<b>Rehabilitation and Assistive Robotics</b> Rehabilitation and assistive robotics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Rehabilitation and Assistive Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Claudio Castellini Dr. rer. nat. Sabine Thürauf	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to Rehabilitation and Assistive Robotics: motivation, taxonomy, historical background</li> <li>• Prosthetics: upper- and lower limb prosthetics; clinical, mechatronics and societal challenges; machine learning and intent detection applied to prosthetics; signals and sensors.</li> <li>• Exoskeletons and exo-suits: realms of application, mechatronic and ergonomic challenges; intent detection and feedback; clinical acceptance, feasibility and effectiveness.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students who have followed the module</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have a broad understanding of Rehabilitation and Assistive Robotics, the motivations, problems and challenges</li> <li>• can conceive and design a research project in the related subfield of the subject</li> <li>• have knowledge about the clinical and industrial situation in RAR</li> <li>• can tackle previously unknown problems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; mid-level programming (Python, C# or similar); fundamentals of experimental psychology	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario.</li> <li>• [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović.</li> </ul>	



- [2012] Control of Upper Limb Prostheses: Terminology and Proportional Myoelectric Control A Review, A. Fougner, Ø. Stavadahl, P. J. Kyberd, Y. G. Losier and P. A. Parker.
- [2015] Michael R Tucker et al., Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review, JNER 12:1
- [2018] JA Spanias, AM Simon, SB Finucane, EJ Perreault and LJ Hargrove, Online adaptive neural control of a robotic lower limb prosthesis, J Neural Eng. 15(1)
- [2020] Jacob Rosen and Peter Walker Ferguson (eds.), Wearable Robotics - Systems and Applications, Academic Press Elsevier
- [2021] Michele Xiloyannis, Ryan Alicea, Anna-Maria Georgarakis, Florian L. Haufe, Peter Wolf, Lorenzo Masia and Robert Riener, Soft robotic suits: State of the art, core technologies and open challenges, IEEE Transactions on Robotics

1	<b>Module name</b> 47599	<b>Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics</b> Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	<p>In this module, students will analyse, present and discuss issues and topics concerning the usage of biological signals in rehabilitation and assistive robotics, including the correct placement and use of the associated sensors, the techniques to condition the signals, sensor fusion, feature extraction and the usage of machine learning applied to such kind of signals.</p> <p>Besides reflecting on contemporary literature, the students are asked to draw own conclusions and suggest directions for future research.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of the module, students will be familiar with sensors and signals used in rehabilitation and assistive robotics, both theoretically and practically. They will also be able to deduce potential new research lines from recent developments.	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>		
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario.</li> <li>• [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović.</li> <li>• [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 47597	<b>Seminar Learning and interaction in medical robotics</b> Seminar: Learning and interaction in medical robotics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Learning and Interaction in Medical Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	In this module, students will analyse, present and discuss research sub-topics in machine learning and human-robot interaction in rehabilitation and medical robotics. This includes issues in control of prostheses, exoskeletons and exo-suits for rehabilitation, clinical robots to aid walking and muscular recovery, surgical robotics, etc. Besides reflecting on contemporary literature, the students are asked to draw own conclusions and suggest directions for future research.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of the module, students will be familiar with recent research challenges in learning and interaction in rehabilitation and medical robotics, both theoretically and practically. They will also be able to deduce potential new research lines from recent developments.	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning; fundamentals of experimental psychology.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>		
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener</li> <li>• [2016] Incremental Learning of Muscle Synergies: From Calibration to Interaction, C. Castellini.</li> <li>• [2016] New developments in prosthetic arm systems, I. Vujaklija, D. Farina and O.C. Aszmann.</li> <li>• [2019] Upper-limb active prosthetics: an overview, C. Castellini.</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 349413	<b>Seminar Sprachtechnologie für Sprachpathologien</b> Speech technologies for speech pathologies	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Automatic Analysis of Voice, Speech and Language Disorders in Speech Pathologies (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Prof. Seung Hee Yang	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Seung Hee Yang	
5	<b>Contents</b>	This seminar deals with how the diagnosis and therapy of different speech pathologies can be supported by speech technology. The participants should present selected speech, speech and voice disorders in a lecture and demonstrate corresponding technologies in the field of pattern recognition and speech processing.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlernen die Literaturrecherche.</li> <li>• arbeiten sich selbstständig anhand der gefundenen Literatur in die Thematik der automatischen Analyse von Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen ein.</li> <li>• wählen einen Schwerpunkt und bereiten diesen im Rahmen einer Präsentation so auf, dass er für andere Teilnehmer des Seminars verständlich ist.</li> <li>• lernen die Anforderungen an einen wissenschaftlichen Vortrag auf einer internationalen Konferenz kennen.</li> <li>• halten einen Vortrag in der international üblichen Fachsprache Englisch (davon ausgenommen sind Studierende aus dem Ausland, die in Deutschland studieren, um Deutsch zu lernen)</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 44481	<b>Visual Computing in Medicine</b> Visual computing in medicine	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Visual Computing in Medicine 1 (2 SWS) Vorlesung: Visual Computing in Medicine 2 (0 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Thomas Wittenberg PD Dr. Peter Hastreiter	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Thomas Wittenberg
5	<b>Contents</b>	<p>Die Flut und Komplexität medizinischer Bilddaten sowie die klinischen Anforderungen an Genauigkeit und Effizienz erfordern leistungsfähige wie auch robuste Konzepte der medizinischen Datenverarbeitung. Auf Grund der Vielfalt an Bildinformation und ihrer klinischen Relevanz spielt der Übergang von der Messung medizinischer Bilddaten (u.a. MRT, CT, PET) hin zur Analyse der Bildinhalte eine wichtige Rolle. Durch die visuelle Wiedergabe der abstrakten Daten können sowohl technische als auch medizinische Aspekte anschaulich und intuitiv verstanden werden. Aufbauend auf einem Regelkreis zur Verarbeitung medizinischer Bilddaten werden im ersten Teil (Visual Computing in Medicine I) die Eigenschaften medizinischer Bilddaten sowie grundlegende Methoden und Verfahren der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung im Zusammenhang vermittelt. Beispiele aus der Praxis erläutern den Bezug zur medizinischen Anwendung. Darauf aufbauend werden im zweiten Teil (Visual Computing in Medicine II) konkrete Lösungsansätze für die Diagnose und Therapieplanung komplexer Krankheitsbilder erläutert. Es wird gezeigt, wie grundlegende Methoden ausgewählt und zu praktisch anwendbaren Gesamtkonzepten zusammengefasst werden. An Beispielen wird der Bezug zu Strategien und Anforderungen in der industriellen Entwicklung und klinischen Anwendung hergestellt. Ergänzend werden komplexe Methoden der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung ausführlich besprochen.</p> <p>The flood and complexity of medical image data as well as the clinical need for accuracy and efficiency require powerful and robust concepts of medical data processing. Due to the diversity of image information and their clinical relevance the transition from imaging to medical analysis and interpretation plays an important role. The visual representation of abstract data allows understanding both technical and medical aspects in a comprehensive and intuitive way.</p> <p>Based on a processing pipeline for medical image data an overview of the characteristics of medical image data as well as fundamental methods and procedures for medical image analysis and visualization is given. Examples of clinical practice show the relation to the medical application.</p> <p>Based on VCMed1 the lecture VCMed2 discusses practical approaches for the diagnosis and therapy planning of complex diseases. It will be shown how fundamental methods are selected and integrated to practically applicable concepts. Examples demonstrate the relation to strategies and requirements in clinical practice and the industrial</p>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erhalten einen Überblick zu komplexen Krankheitsbildern als Grundlage für effektive und effiziente Lösungen</li> <li>• erwerben erweiterte Kenntnisse zur multimodalen Bildregistrierung mit nichtstarran Transformationen</li> <li>• erhalten vertieftes Wissen zu komplexen und aktuellen Themen der medizinischen Visualisierung (u.a. Integrationsverfahren, Transferfunktionen, Beschleunigungstechniken mit Grafikhardware)</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gain an insight into complex approaches to the treatment of important disease patterns from the point of view of medical application and specific solution strategies</li> <li>• learn the requirements and the linking of methods of medical image analysis and visualization for the processing of cardiological, neurological, oncological and radiotherapeutic questions</li> <li>• get an overview of complex disease pictures as a basis for effective and efficient solutions</li> <li>• acquire advanced knowledge to process multimodal image data using advanced methods</li> <li>• receive in-depth knowledge on complex and up-to-date topics of medical visualization (including integration procedures, transfer functions, acceleration techniques with graphics hardware)</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B. Preim, C. Botha: Visual Computing for Medicine, Morgan Kaufmann Verlag, 2013</li> <li>• B. Preim, D. Bartz: Visualization in Medicine - Theory, Algorithms, and Applications, Morgan Kaufmann Verlag, 2007</li> <li>• H. Handels: Medizinische Bildverarbeitung, Bildanalyse, Mustererkennung und Visualisierung für die computergestützte</li> </ul>

ärztliche Diagnostik und Therapie, Vieweg und Teubner Verlag, 2009

- P.M. Schlag, S. Eulenstein, Th. Lange: Computerassistierte Chirurgie, Elsevier Verlag, 2010
- E. Neri, D. Caramella, C. Bartolozzi: Image Processing in Radiology, Springer Verlag, 2008



# Minor subject: Philosophy

1	<b>Module name</b> 75310	<b>Grundkurs Praktische Philosophie</b> Basic course: Practical philosophy	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Erasmus Mayr	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung fundierter Grundlagen der Ethik</li> <li>• Systematische Diskussion von Termini wie Moral und Ethik, Autonomie, Glück, freier Wille, Gerechtigkeit</li> <li>• Vermittlung der Kenntnis verschiedener in der Geschichte der Philosophie vertretener Ansä</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlangen fundierte Kenntnisse über die Grundlagen und Grundprobleme der Ethik</li> <li>• erwerben Grundkenntnisse über die philosophiegeschichtliche Entwicklung der Ethik</li> <li>• werden in den systematischen Umgang und die Analyse mit zentralen historischen und zeitgenössischen Texten der Ethik eingeführt</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (0%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Siehe UnivIS	

1	<b>Module name</b> 75330	<b>Basismodul Philosophie</b> Basic module: Philosophy	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Proseminar / Mittelseminar: Was ist Liebe? (2 SWS)</p> <p>Übung: Übung zum Mittelseminar "Was ist Liebe?" (1 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: John Stuart Mill: Der Utilitarismus (2 SWS)</p> <p>Übung: Übung/Essaytutorium zum Mittelseminar "John Stuart Mill: Der Utilitarismus" (1 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: In Science we trust? Wissenschaftsskeptizismus und Wissenschaftsbeeinflussung (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Platon: Theaetetus (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Kants Logik (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Willensfreiheit und Determinismus (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Metaethischer Expressivismus (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Sprachphilosophie (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Karl Marx: Philosophisch relevante Schriften (2 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: John Rawls: Eine Theorie der Gerechtigkeit (3 SWS)</p> <p>Proseminar / Mittelseminar: Kants Kritik der (ästhetischen) Urteilskraft (2 SWS)</p>	- - - - - - - - - - - - -
3	Lecturers	<p>Prof. Dr. Gerhard Ernst</p> <p>Prof. Dr. Rosario La Sala</p> <p>Prof. Dr. Peter Bernhard</p> <p>Prof. Dr. Erasmus Mayr</p> <p>Ufuk Özbe</p> <p>Dr. Norbert Walz</p> <p>Prof. Dr. Nico Scarano</p> <p>Dr. Thomas Grethlein</p>	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Gerhard Ernst
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb fundierten Grundlagenwissens eines Teilbereiches der theoretischen oder praktischen Philosophie</li> <li>• Weiterführende systematische Auseinandersetzung mit den für das Teilgebiet zentralen Begriffen</li> <li>• Genaue Diskussion verschiedener in der G</li> </ul>

6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• machen sich durch die Diskussion der Grundlagen und Grundfragen des jeweiligen Teilbereichs eingehend mit diesem vertraut</li> <li>• erwerben grundlegende Kenntnisse über die Entwicklung des betreffenden Teilgebiets in der Geschichte der Philosophie</li> <li>• erwerben die Fähigkeit komplexe philosophische Inhalte im Seminar zu präsentieren</li> <li>• lernen Hausarbeiten zu schreiben</li> <li>• erwerben im Rahmen des Textseminars die Fähigkeit zentrale Werke der Philosophiegeschichte systematisch zu interpretieren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorherige Absolvierung der Propädeutiken und eines der Grundkurse wird empfohlen
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation/written assignment
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation/written assignment (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Siehe UnivIS

1	<b>Module name</b> 75290	<b>Einführung in die Philosophie</b> Introduction to philosophy	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Gerhard Ernst	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermittlung von Arbeitstechniken wie Bibliographieren, Exzerpieren, Texte verfassen</li> <li>• Einweisung in die Benutzung der örtlichen Bibliotheken</li> <li>• Vermittlung eines ersten Überblicks in die verschiedenen Teilbereiche der Philosophie</li> <li>• Einführ</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben die Fähigkeit, die Arbeitsmittel und -techniken selbständig zu gebrauchen, die für ihr Philosophiestudium unerlässlich sind</li> <li>• erwerben grundlegende Kenntnisse der philosophischen Begrifflichkeit</li> <li>• lernen Texte auf ihre argumentative Struktur hin zu durchschauen und zu analysieren</li> <li>• gewinnen einen ersten Überblick über die verschiedenen Teilbereich der Philosophie</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Philosophie Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (0%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Siehe UnivIS	

# Minor subject: Scandinavian Studies

1	<b>Module name</b> 78389	<b>Anwendungsmodul</b> Applied module	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Vorlesung - Klinische Psychologie I: PS - Psychische Störungen 2 (2 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Vorlesung - Klinische Psychologie II: PS - Prävention, Rehabilitation, Berufsethik, Berufsrecht (0 SWS, SoSe 2024) Vorlesung: Vorlesung Arbeitspsychologie (2 SWS) Vorlesung: Vorlesung Organisationspsychologie (2 SWS) Vorlesung: Vorlesung Pädagogische Psychologie ( SWS)	3 ECTS - 5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Matthias Berking Dr. Lena Marie Gmelch Prof. Dr. Cornelia Niessen	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Written or oral Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german





1	<b>Module name</b> 78386	<b>Einführungsmodul</b> Introductory module	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Vorlesung Einführung in die Psychologie (2 SWS)	2 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Tim Rohe	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (0%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 78388	<b>Grundlagenmodul</b> Introductory module	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Vorlesung Sozialpsychologie, Teil 1 (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Differentielle und Persönlichkeitspsychologie Teil 2 (2 SWS, SoSe 2024) 3 ECTS</p> <p>Proseminar: Proseminar Biologische Psychologie (2 SWS, SoSe 2024) -</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Entwicklungspsychologie, Teil 2 (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Allgemeine Psychologie I: Wahrnehmung (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Allgemeine Psychologie II, Teil 1 (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Sozialpsychologie, Teil 2 (2 SWS, SoSe 2024) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Biologische Psychologie (2 SWS) -</p> <p>Proseminar: Proseminar Allgemeine Psychologie II (2 SWS, SoSe 2024) 3 ECTS</p> <p>Proseminar: Proseminar Allgemeine Psychologie I: Kognition (2 SWS) -</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Entwicklungspsychologie, Teil 1 (2 SWS) 3 ECTS</p> <p>Vorlesung: Vorlesung Entwicklungspsychologie Teil 1 und 2 ( 2 SWS) -</p>	
3	Lecturers	<p>Prof. Dr. Susanne Bruckmüller</p> <p>Prof. Dr. Frieder Lang</p> <p>Prof. Dr. Nicolas Rohleder</p> <p>Gottfried Spangler</p> <p>Prof. Dr. Tim Rohe</p> <p>Prof. Dr. Oliver Schultheiss</p>	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Psychologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written or oral</p> <p>Written or oral</p> <p>Written or oral</p> <p>Written or oral</p>

		Written or oral Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%) Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Minor subject: Chinese Studies

1	<b>Module name</b> 76003	<b>Modernes Chinesisch 1</b> Modern Chinese 1	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	<b>Contents</b>	Einführung in die chinesische Sprache und Schrift, wobei ein besonderer Akzent auf den aktiven Schriftzeichenerwerb gelegt wird, ohne die mündliche Kommunikation und die grundlegende Grammatik zu vernachlässigen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden... ...beherrschen die Pinyin-Umschrift, ...sind zur einfachen Kommunikation befähigt, ...erwerben 300 Schriftzeichen und die in diesen 300 Schriftzeichen enthaltenen Radikale, ...haben Sicherheit in den grundlegenden grammatischen Kenntnissen wie Ja-Nein-Fragen, W-Fragen, Possessivpronomen, Satzstellung, Attributpartikel "de", Zahlen und Uhrzeiten, Verneinung, Modalverben etc.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes) Oral (10 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (70%) Oral (30%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 76073	<b>Modernes Chinesisch 4</b> Modern Chinese 4	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Kurs: BA-4 Modernes Chinesisch 4 (3 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Mengyuan Tian	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	<b>Contents</b>	Im Gegensatz zum bisherigen stark progressiv gestalteten Unterricht stehen Texte mit ausgewählten Themen im Vordergrund, um Hörverstehen, Lesen, Übersetzen, Diskutieren und Schreiben zu üben.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden... ...erwerben fortgeschrittene Lesefähigkeit, ...bündeln die vier Fertigkeiten Lesen, Schreiben, Hören und Verstehen, die bisher vorwiegend getrennt trainiert wurden.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 42 h Independent study: 108 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 76012	<b>Modernes Chinesisch 2</b> Module 2: Modern Chinese 2	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Kurs: BA-2 Modernes Chinesisch II (Gruppe 2) (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Mengyuan Tian Jingjing Zhang	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	<b>Contents</b>	Der aktive Schriftzeichenerwerb steht weiterhin im Zentrum, wobei mit fortschreitenden Lektionen mehr Themen und damit eine erweiterte Möglichkeit zur mündlichen Kommunikation angeboten werden sowie grammatische Kenntnisse mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad zu bewältigen sind.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden... ...erwerben aktiv weitere 300 Schriftzeichen (1. und 2.Semester bis zu 600 Schriftzeichen) und damit Vertrautheit mit den Strukturen der Schriftzeichen, wodurch ein schnelles Erkennen bei der Textlektüre gefördert wird, ...entwickeln eine grundlegende Lesefähigkeit, ...sind sicher im Umgang mit aufbauenden grammatischen Kenntnissen wie Positionswörtern, Verlauf einer Handlung, Vollendung eines Geschehens, präpositionale Konstruktion etc., ...besitzen die Kommunikationsfähigkeit zu erweiterten Themen.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (10 minutes) Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (30%) Written examination (70%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 112 h Independent study: 188 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 76052	<b>Modernes Chinesisch 3</b> Module 5: Modern Chinese 3	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andrea Bréard
5	<b>Contents</b>	Es findet gezielter Sprachunterricht für Lesen, Schreiben, Hören und Verstehen statt. Der Unterricht ist auf eine Erweiterung des Wortschatzes und der grammatischen Kenntnisse ausgelegt. Die Förderung der Lesefertigkeit steht im Vordergrund. Die grundlegenden Lesetechniken wie intensives, kursorisches und selektives Lesen werden vermittelt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden... ... erweitern ihren aktiven und passiven Wortschatz, ... sind sicherer im Umgang mit komplexen grammatischen Phänomenen wie Konjunktionen, Passiv, ba"-Konstruktion, Ergebnis-Komplimenten etc., ... bauen sukzessive Fertigkeiten beim Sprechen und Hören auf, ... übersetzen präzise progressionsadäquate Texte, ... verstehen kursorisch komplexe Texte.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Sinologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (15 minutes) Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (30%) Written examination (70%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	



# Nebenfach Computer Graphics

1	<b>Module name</b> 43821	<b>Computer Graphics</b> Computer graphics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Graphik Pipeline</li> <li>• Clipping</li> <li>• 3D Transformationen</li> <li>• Hierarchische Display Strukturen</li> <li>• Perspektive und Projektionen</li> <li>• Sichtbarkeitsbetrachtungen</li> <li>• Rastergraphik und Scan-Konvertierung</li> <li>• Farbmodelle</li> <li>• Lokale und globale Beleuchtungsmodelle</li> <li>• Schattierungsverfahren</li> <li>• Ray Tracing und Radiosity</li> <li>• Schatten und Texturen</li> </ul> <p>Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• graphics pipeline</li> <li>• clipping</li> <li>• 3D transformations</li> <li>• hierarchical display structures</li> <li>• perspective transformations and projections</li> <li>• visibility determination</li> <li>• raster graphics and scan conversion</li> <li>• color models</li> <li>• local and global illumination models</li> <li>• shading models</li> <li>• ray tracing and radiosity</li> <li>• shadows and textures</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder</li> <li>• erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone</li> <li>• beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten</li> <li>• skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Sichtbarkeitsberechnung</li> <li>• vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik</li> <li>• illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline</li> <li>• lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen</li> <li>• klassifizieren Schattierungsverfahren</li> <li>• bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiosity</li> </ul> <p>*Educational objectives and skills:*</p> <p>Students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe the processing steps in the graphics pipeline</li> <li>• explain clipping algorithms for lines and polygons</li> <li>• explain, characterize and compute affine and perspective transformations in 2D and 3D, and provide an intuitive description of the general form of corresponding transformation matrices in homogeneous coordinates</li> <li>• depict techniques to compute depth, occlusion and visibility</li> <li>• compare the different color models</li> <li>• describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes</li> <li>• explain the algorithms for rasterization and scan conversion</li> <li>• solve problems with shading and texturing of 3D virtual models</li> <li>• classify different shadowing techniques</li> <li>• explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002</li> <li>• Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGL. Pearson</li> <li>• Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice</li> </ul>

- Rauber: Algorithmen der Computergraphik
- Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik
- Encarnaç o, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	<b>Module name</b> 796399	<b>Geometric Modeling</b> Geometric modeling	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Roberto Grosso Prof. Dr. Marc Stamminger
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul beschäftigt sich mit Methoden zur Modellierung dreidimensionaler Oberflächen. Typische Einsatzgebiete sind der rechnerunterstützte Entwurf (CAD, z.B. im Automobil- oder Flugzeugbau), die Rekonstruktion von Flächen aus Sensordaten oder die Konstruktion glatter Interpolationsflächen. Behandelt werden u.a. folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polynomkurven</li> <li>• Bezierkurven, rationale Bezierkurven</li> <li>• B-Splines</li> <li>• Tensorproduktflächen</li> <li>• Bezier-Dreiecksflächen</li> <li>• polygonale Flächen</li> <li>• Subdivision-Verfahren</li> </ul> <p>This module is concerned with different aspects of modelling three-dimensional curves and surfaces. Typical areas of application are computer-aided design (CAD), reconstruction of surfaces from sensor data (reverse engineering) and construction of smooth interpolants. The lecture covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polynomial curves</li> <li>• Bézier curves, rational Bézier curves</li> <li>• B-splines</li> <li>• tensor product surfaces</li> <li>• triangular Bézier surfaces</li> <li>• polyhedral surfaces</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Begriffe Polynomial-, Bezierkurven und B-Splines</li> <li>• klassifizieren und veranschaulichen die unterschiedlichen Auswertung- und Subdivision-Verfahren für Bezier-Kurven und B-Splines</li> <li>• veranschaulichen und ermitteln die Eigenschaften von Bezierkurven, rationalen Bezierkurven und B-Splines</li> <li>• beschreiben Tensorproduktflächen und skizzieren Auswertungsalgorithmen</li> <li>• erklären polygonale Flächen und Subdivision-Verfahren und veranschaulichen ihre Unterschiede und Eigenschaften</li> <li>• lernen gängige Datenstrukturen zur Darstellung polygonaler Flächen kennen</li> <li>• wenden die Verfahren der Geometrischen Modellierung an unterschiedlichen Beispiele an</li> <li>• berechnen Bezierkurven und B-Splines</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Subdivision-Verfahren aus</li> </ul> <p>*Educational objectives and skills:*</p> <p>Students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the meaning of the terms Polynomial and Bezier curves and B-Splines</li> <li>• classify and illustrate the different evaluation and subdivision methods for Bezier curves and B-Splines</li> <li>• describe and establish the properties of Bezier curves, rational Bezier curves and B-Splines</li> <li>• describe tensor product surfaces and illustrated evaluation algorithms</li> <li>• explain polygonal surfaces and subdivision algorithms and depict their properties and differences</li> <li>• get used with common data structures to represent polygonal surfaces</li> <li>• apply geometric modeling algorithms to representative examples</li> <li>• compute Bezier curves and B-Splines</li> <li>• implement subdivision algorithms</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination with multiple choice
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination with multiple choice (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoschek, Lasser: Grundlagen der Geometrischen Datenverarbeitung</li> <li>• Farin: Kurven und Flächen im Computer Aided Geometric Design</li> <li>• de Boor: A Practical Guide to Splines</li> <li>• Bartels, Beatty, Barsky: Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling</li> <li>• Abramowski, Müller: Geometrisches Modellieren</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 93086	<b>Neural Graphics and Inverse Rendering</b> Neural graphics and inverse rendering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 4
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes) Tutorial achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%) Tutorial achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Visualization Analysis and Design, Tamara Munzner, 2014.

1	<b>Module name</b> 43385	<b>Physically-based Simulation in Computer Graphics</b> Physically-based simulation in computer graphics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	
5	<b>Contents</b>	<p>Over the past decades, computer graphics became a vital component of the entertainment industry. Whether in regards to video games, animation movies, or visual effects in live action productions, computer animation brings virtual worlds to life. Thereby, physically-based simulations are required to reach the necessary degree of realism. Based on differential equations and numerical methods to solve them, this lecture will cover a series of algorithms used to implement physically-based simulations. Among others, we are concerned with:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kinematics and dynamics of motion (generalized coordinates),</li> <li>• numerical time integration techniques (explicit and implicit time integration),</li> <li>• rigid bodies (simulation, collision detection and response),</li> <li>• deformable objects (mass-spring-systems, finite-elements and thin shells),</li> <li>• grid-based fluid simulation (fractional step method),</li> <li>• particle-based fluid simulation (smoothed particle hydrodynamics and viscosity),</li> <li>• hybrid fluid simulation (fluid implicit particle FLIP, liquid-air interfaces),</li> <li>• adding detail to smoke, fire (vorticity confinement, wavelet turbulence),</li> <li>• shallow water waves and oceans</li> </ul> <p>This practical course consists of lectures, programming exercises, and a group programming project.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students learn how to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• apply numerical time integration methods at practical examples</li> <li>• derive and analyze the properties of equations of motion</li> <li>• set appropriate boundary conditions</li> <li>• compare numerical solvers regarding stability, accuracy and performance</li> <li>• describe different techniques for rigid body, deformable, and fluid simulations</li> <li>• implement the algorithms in C++</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 5	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Variable	



11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 43722	<b>Scientific Visualization</b> Scientific visualization	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Tutorials to Scientific Visualization (2 SWS) Vorlesung: Scientific Visualization (2 SWS)	0 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Xingze Tian Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	
5	<b>Contents</b>	<p>The amount of data, generated in the pursuit of scientific discovery, keeps rapidly increasing across all major scientific disciplines. How can we make sense of large, time-dependent, high-dimensional and multi-variate data? This lecture provides an introduction into scientific visualization. Throughout the course, we cover the fundamental perception basics needed to convey information accurately. After categorizing different data types based on their dimensionality, we dive deeper into specific techniques for scalar, vector and tensor valued data.</p> <p>The lecture covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• visualization design basics (data abstraction, visual encoding of information),</li> <li>• a review of scalar and vector calculus (differential properties, extremal and critical points),</li> <li>• data structures and data acquisition techniques (grids, interpolation, and differentiation),</li> <li>• indirect volume visualization (marching cubes and contour trees),</li> <li>• direct volume visualization (ray marching and Monte Carlo rendering),</li> <li>• elementary and line-based flow visualization (numerical integration, seeding, rendering),</li> <li>• surface-based flow visualization (integration, selection, rendering),</li> <li>• topology-based flow visualization (topological skeleton, bifurcations, feature flow fields),</li> <li>• feature-based flow visualization (vortices, material boundaries, Lagrangian coherent structures),</li> <li>• advanced methods (tensor visualization, uncertainty, ensembles)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use perception basics to select appropriate visualization methods</li> <li>• classify data and select appropriate visualization techniques</li> <li>• calculate differential properties of scalar and vector fields</li> <li>• identify features in scalar and vector-valued data</li> <li>• implement numerical extraction algorithms</li> <li>• learn the advantages and disadvantages of common visualization techniques</li> </ul>	

7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable Electronic exam in presence with multiple choice questions (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%) The final grade of the module is determined by the exam.  Exercise bonus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtaining more than 80% of the points across all theoretical exercises awards an exam bonus of a third grade.</li> </ul>
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93175	<b>Visualization</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	
5	<b>Contents</b>	<p>An old English adage says "a picture is worth a 1,000 words", meaning that complex ideas are often easier to convey visually. This lecture is about the craft of creating informative images from data. Starting from the basics of the human visual perception, we will learn how visualizations are designed for explorative, communicative or confirmative purposes. We will see how data can be classified, allowing us to develop algorithms that apply to a wide range of application domains.</p> <p>The lecture covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• data abstraction (data types, data set types, attribute types),</li> <li>• perception and mapping (marks and channels, effectiveness, pre- attentive vision, color maps),</li> <li>• task abstraction and validation (actions and targets),</li> <li>• information visualization tools (HTML, CSS, JavaScript, React, D3),</li> <li>• information visualization methods (tabular data, networks, trees),</li> <li>• scientific visualization methods (volume rendering and particle visualization),</li> <li>• scientific visualization tools (VTK, ParaView),</li> <li>• view manipulation (navigation, selection, multiple views),</li> <li>• data reduction (filtering, aggregation, focus and context),</li> <li>• lies in visualization (human biases and rules of thumb),</li> <li>• applications (deep learning, medical visualization, optimization)</li> </ul> <p>The lecture is accompanied by exercises. Theoretical exercises concentrate on the classification of data and the design and analysis of visualizations, while programming exercises using web-based technologies give examples of their implementation.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students learn to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use perceptual basics to select appropriate visualization methods</li> <li>• explain the steps of the visualization pipeline</li> <li>• calculate direct and indirect volume visualizations to given data</li> <li>• explain and apply interaction concepts</li> <li>• perform a data and requirement analysis for a given problem</li> <li>• explain visualization techniques for scientific and abstract data</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 4	

9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Computer Graphics Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Visualization Analysis and Design, Tamara Munzner, 2014.

# Minor subject: Political Science

1	<b>Module name</b> 75632	<b>Basismodul Internationale Beziehungen I</b> Basic module: International relations I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Grundlagen der internationalen Politik I: Geschichte und Theorien der internationalen Beziehungen (IB 1) (2 SWS)</p> <p>Hauptseminar: AER (2 SWS)</p> <p>Vorlesung: " Grundlagen der internationalen Politik II: Staatliche Akteure und Internationale Organisationen (IB 2)" ( 2 SWS)</p> <p>Vorlesung mit Übung: Grundlagen der internationalen Politik I: Geschichte und Theorien der internationalen Beziehungen ( 2 SWS)</p> <p>Vorlesung: Grundlagen der internationalen Politik II: Staatliche Akteure und Internationale Organisationen, IB 2 ( 2 SWS)</p> <p>keine</p>	<p>2,5 ECTS</p> <p>5 ECTS</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
3	Lecturers	<p>Prof. Dr. Stefan Fröhlich</p> <p>Prof. Dr. Thomas Demmelhuber</p> <p>Dr. Bruna Bosi Moreira</p>	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Stefan Fröhlich	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul dient der Vermittlung grundständigen Wissens über Grundfragen, praktische Relevanz und Begrifflichkeit der Internationalen Beziehungen; dabei werden vor allem folgende für die Teildisziplin relevante Aspekte berücksichtigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wissenschaftstheoretische Ansätze und Denkschulen im internationalen System;</li> <li>staatliche Akteure und ihre Außenpolitiken im internationalen System (u.a. USA, Russland, Großbritannien, Frankreich und die Bundesrepublik; besondere Beachtung findet in diesem Kontext auch die EU als quasi-staatliche Einheit);</li> <li>internationale Organisationen und NGOs in den Bereichen Sicherheit, Wirtschaft und Finanzen; auch hier findet das Mehrebenensystem der EU als supranationale Organisation besondere Berücksichtigung.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>lernen, die Strukturen und Grunddeterminanten des internationalen Systems zu erfassen;</li> <li>lernen, diese auf die relevanten Theorien anzuwenden.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	<p>Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)</p>	

10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (180 minutes) Wahlweise Klausur (180 Minuten) oder zwei Teilklausuren (je 90 Minuten). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (50%) Written examination (50%) Written examination (100%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.



1	<b>Module name</b> 75634	<b>Basismodul Internationale Beziehungen II</b> Basic module: International relations II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Proseminar: Macht und Ohnmacht in der Menschenrechtspolitik ( SWS) Proseminar: America's Wars ( SWS) Proseminar: Neue Machtverhältnisse und internationale Konfliktodynamiken ( SWS) Proseminar: Konflikt und Kooperation im Maghreb: Akteure, Institutionen, Handlungsmaxime ( SWS) Ja	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Dr. h. c. Heiner Bielefeldt Dr. Kristina Maul Dr. Simon Primus Katharina Nicolai	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Stefan Fröhlich
5	<b>Contents</b>	Das Modul dient der Vertiefung der im Modul Internationale Beziehungen I erworbenen Kenntnisse in Form des Studiums relevanter Politikfelder, der ihnen zugrundeliegenden Entscheidungsprozesse, sowie exemplarischer Fallstudien. Durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam erarbeitet.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Wechselwirkungen zwischen einem politischen System und seinem internationalen Umfeld unter Einbeziehung einer kritischen Reflexion der zugrundeliegenden Annahmen der relevanten Theorien erklären;</li> <li>• lernen, einigermaßen verlässliche Prognosen über künftige Entwicklungen zu formulieren, wie sie für die praktische Politik benötigt werden;</li> <li>• können die erworbenen Grundkenntnisse und -fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren;</li> <li>• lernen, die Präsentationen ihrer Kommilitonen kritisch einzuordnen, die Ergebnisse zu diskutieren und das eigene Argumentationsvermögen zu stärken;</li> <li>• erwerben die Voraussetzungen für ein vertieftes Fachstudium.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment

		Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 75642	<b>Basismodul Außereuropäische Regionen I</b> Basic module: Non-European politics I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Einführung in die politikwissenschaftliche Asienforschung (2 SWS)</p> <p>Vorlesung: Außereuropäische Regionen II: Einführung in die politikwissenschaftliche Nahostforschung, 2SWS (Political Science of the Middle East: An Introduction) ( SWS)</p> <p>Vorlesung: Außereuropäische Regionen II: Einführung in die politikwissenschaftliche Nahostforschung ( SWS)</p> <p>Vorlesung: Einführung in die politikwissenschaftliche Asienforschung ( SWS)</p> <p>keine</p>	<p>5 ECTS</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
3	Lecturers	Prof. Dr. Marco Bunte	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über zwei außereuropäische Regionen (Nahe Osten und Südostasien). Politikwissenschaftliche Ansätze, die zur Untersuchung dieser Regionen („Area Studies“) angewendet werden sollen, sind u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>historische Längsschnittdaten hinsichtlich der Ausformung von regionalen Ordnungen, politischer Kulturen und Herrschaftsformen;</li> <li>grundständige Konzepte von Staatlichkeit, Legitimität und Herrschaft bis hin zu Transformationstheorien;</li> <li>regionale Kooperation und Konflikte sowie Einbettung in die internationale Politik (u.a. Regionalisierung, regionale Hegemonen)</li> <li>Ideologien und politisches Denken (z.B. Nationalismus, Sozialismus, Islamismus, Dschihadismus).</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden entwickeln ein grundständiges Verständnis von politikwissenschaftlichen Fragestellungen und Untersuchungsgegenständen in der Analyse von außereuropäischen Regionen.	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft	
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination (90 minutes)</p> <p>Written examination (180 minutes)</p> <p>Written examination (90 minutes)</p> <p>Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.</p>	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (50%)	

		Written examination (100%) Written examination (50%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis zum jeweiligen Semester bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 75644	<b>Basismodul Außereuropäische Regionen II</b> Basic module: Non-European politics II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Proseminar: The Age of Autocracy? Herrschaftsformen der MENA Region ( SWS) Proseminar: Konflikt und Kooperation im Maghreb: Akteure, Institutionen, Handlungsmaxime ( SWS) Proseminar: Politische Systeme in Ostasien: Zwischen Autoritarismus und Demokratie ( SWS) Proseminar: Der Nahostkonflikt aus einer regionalen Perspektive: Geschichte, Akteure und Interessen ( SWS)	- - - -
3	Lecturers	Katharina Nicolai Prof. Dr. Thomas Demmelhuber	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über zwei außereuropäische Regionen (z.B. den Nahen Osten, Südostasien, Nord- oder Lateinamerika). Politikwissenschaftliche Ansätze, die zur Untersuchung dieser Regionen angewendet werden sollen, sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformation politischer Systeme (Kolonisierung und Dekolonisierung, Modernisierungstheorien, Revolutionstheorien, Demokratisierung und andere Formen des Regimewechsels);</li> <li>• historische Analyse langfristiger Auswirkungen geschichtlicher Entwicklungen auf die Ausformung politischer Kulturen;</li> <li>• regionale Kooperation und Konflikte; regionale Formen der Globalisierung;</li> <li>• Ideologiekritik und politisches Denken (z.B. des Nationalismus, Liberalismus, „Fundamentalismus“, Sozialismus).</li> </ul> <p>Durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam erarbeitet.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden üben die Anwendung oben genannter Ansätze exemplarisch ein und sind dadurch in der Lage, grundsätzliche Fragestellungen der oben genannten Aspekte zu erkennen und zu analysieren; - können die erworbenen Grundkenntnisse und –fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren.	
7	<b>Prerequisites</b>	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft	
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment	

		Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 75623	<b>Basismodul Politische Systeme I</b> Basic module Political systems I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: AER (2 SWS) Vorlesung: Politische Systeme I: Das politische System der Bundesrepublik Deutschland (2 SWS) Vorlesung: Vorlesung Politische Systeme II ( SWS) Vorlesung: Politische Systeme I: Das politische System der Bundesrepublik Deutschland ( SWS) Vorlesung: Politische Systeme II: Einführung in die Vergleichende Politikwissenschaft ( SWS) keine	5 ECTS 2,5 ECTS - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Thomas Demmelhuber PD Dr. Thorsten Winkelmann Prof. Dr. Sandra Eckert Dr. Simon Primus Prof. Dr. Constantin Wurthmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sandra Eckert
5	<b>Contents</b>	Das Modul dient der Vermittlung grundständigen Wissens über (1) das politische System der Bundesrepublik Deutschland (Institutionen, Normengefüge und politische Prozesse), (2) die vergleichende Analyse politischer Systeme (Grundbegriffe der vergleichenden Regierungslehre, typologisierender Strukturvergleich politischer Systeme).
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Bedeutung der Verfassungsorgane und politischen Kräfte innerhalb der einzelnen politischen Systeme selbst sowie der verschiedenen Verfassungsordnungen für den politischen Konfliktaustrag, insbesondere auch im Hinblick auf die demokratischen Mitwirkungsmöglichkeiten der Staatsbürgerinnen und Staatsbürger und damit für die Stabilität von Demokratien, beurteilen;</li> <li>• erwerben die Voraussetzungen für ein vertieftes Fachstudium.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	keine
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (180 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Written examination (50%)

		Written examination (50%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis zum jeweiligen Semester bekannt gegeben.



1	<b>Module name</b> 75624	<b>Basismodul Politische Systeme II</b> Basic module Political systems II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Proseminar: Entwicklungsperspektiven deutscher Städte und Gemeinden ( SWS) Proseminar: Wahlhilfen und Wahl-O-Mat: Wirkung, Forschung und Entwicklung ( SWS) Proseminar: Politische Kulturforschung – Perspektiven politischer Stabilität ( SWS) Proseminar: Politik & Innovation ( SWS) ja	- - - -
3	Lecturers	Prof. Dr. Constantin Wurthmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sandra Eckert
5	<b>Contents</b>	Das Modul dient der exemplarischen Vertiefung der im Modul Politische Systeme I erworbenen Kenntnisse in Form des Studiums einzelner politischer Systeme, exemplarischer Länderstudien oder Politikfeldanalysen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, relevante Fragen der Bedeutung von Verfassungsorganen, politischen Kräften und politischen Systemen zu identifizieren und zu diskutieren;</li> <li>• erarbeiten die für das jeweilige Proseminar grundlegende Argumentationsführung gemeinsam durch Referate, regelmäßige mündliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/ oder Gruppenarbeiten;</li> <li>• können die erworbenen Grundkenntnisse und -fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren;</li> <li>• reflektieren und hinterfragen die Beiträge ihrer Kommilitonen, geben ein inhaltliches feedback und trainieren dabei das eigene Argumentationsvermögen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Es wird dringend empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B.A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen)
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30h Independent study: 120h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 75612	<b>Basismodul Politische Theorie und Ideengeschichte I</b> Basic module: Political theory and history of ideas I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	<p>Vorlesung: Einführung in die Politische Theorie und Ideengeschichte I (2 SWS)</p> <p>Hauptseminar: AER (2 SWS)</p> <p>Vorlesung: Vorlesung im Basismodul Politische Theorie und Ideengeschichte I: Politische Theorie und Ideengeschichte I ( SWS)</p> <p>Vorlesung: Einführung in die Politische Theorie und Ideengeschichte II ( SWS, SoSe 2024)</p> <p>keine</p>	<p>2,5 ECTS</p> <p>5 ECTS</p> <p>-</p> <p>-</p>
3	Lecturers	<p>PD Dr. Eva Odzuck</p> <p>Prof. Dr. Thomas Demmelhuber</p> <p>Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner</p>	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul vermittelt Grundwissen über systematische Fragestellungen, zentrale Begriffe, problemorientierte Lösungsansätze und geistesgeschichtliche Kontexte in der politischen Philosophie, der Geschichte der politischen Ideen seit der Antike und in politischen Theorien. Die Studierenden werden angeleitet, sich fundierte Kenntnisse über politiktheoretische Positionen aus verschiedenen historischen Epochen und über systematische Fragestellungen und zentrale Ansätze hauptsächlich aus Quellen zu erarbeiten. Das Modul vermittelt ein kritisches Verständnis der kognitiven Voraussetzungen von Politik und der gemeinsamen theoretischen Grundlagen der Politischen Wissenschaften auch in Verbindung zu weiteren relevanten geistes-, gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen Fächern. Behandelt werden unterschiedliche Typen und Materien des politischen Denkens in divergenten historischen, ideologischen, religiösen, kulturellen, ökonomischen, sozialen, wissenschaftlichen und zivilisatorischen Kontexten.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eignen sich Kenntnisse über Hauptpositionen in der Geschichte der politischen Ideen unter besonderer Berücksichtigung der politischen Philosophie an,</li> <li>• schulen ihre Fähigkeiten hinsichtlich der politiktheoretischen Textanalyse bezüglich unterschiedlicher Materien und der Hermeneutik,</li> <li>• entwickeln ein kritisches Vermögen im Umgang mit den kognitiven Grundlagen der Politik und</li> <li>• entwickeln ein Problembewußtsein hinsichtlich der Struktur und der Konsequenzen von spezifischen Typen politischen Denkens.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine	

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B. A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen), Ergänzungsstudien in ausgewählten Disziplinen und Fächern.
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (180 minutes) Written examination (90 minutes) Written examination (90 minutes) Wahlweise Klausur (180 Min.) oder zwei Teilklausuren (je 90 Min.). Im Fall von zwei Teilklausuren müssen beide Teilklausuren bestanden sein.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Written examination (50%) Written examination (50%) Die Modulnote ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Noten der Teilklausuren oder entspricht der Note der Klausur über 180 Minuten.
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60h Independent study: 90h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

1	<b>Module name</b> 75614	<b>Basismodul Politische Theorie und Ideengeschichte II</b> Basic module: Political theory and history of ideas II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Proseminar: Introduction to Contemporary Democratic Theory ( SWS) Proseminar: Gerechtigkeit und Ungerechtigkeit ( SWS) Proseminar: Politische Ideologien ( SWS) Proseminar: Politisches Denken mit Aristoteles ( SWS) Proseminar: Proseminar Politische Theorie und Ideengeschichte II (vorlesungsvertiefendes Lektüreseminar) ( SWS) Proseminar: Zwischen "Nie wieder!" und Letzter Generation: Das Verhältnis von Zeit und Politik ( SWS) Ja	- - - - - -
3	Lecturers	Rieke Trimcev Marco Schendel Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner Laila Riedmiller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Eva Marlene Hausteiner
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul vermittelt Grundkenntnisse über systematische Fragestellungen, zentrale Begriffe, problemorientierte Lösungsansätze und geistesgeschichtliche Kontexte in der politischen Philosophie, der Geschichte der politischen Ideen seit der Antike und in politischen Theorien. Die Studierenden erarbeiten sich fundierte Grundkenntnisse über politiktheoretische Positionen aus verschiedenen historischen Epochen und über systematische Fragestellungen und zentrale Ansätze aus Quellen. Sie analysieren die theoretischen Voraussetzungen, Strukturen und Konsequenzen politischer und politikwissenschaftlicher Begriffe und Ideen, Handlungsweisen und Ordnungsvorstellungen, Phänomene und Problemlagen. Sie entwickeln in der Semindiskussion ein kritisches Verständnis der kognitiven Voraussetzungen von Politik und der gemeinsamen theoretischen Grundlagen der Politischen Wissenschaften auch in Verbindung zu weiteren relevanten geistes-, gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen Fächern. Behandelt werden unterschiedliche Materien und Typen des politischen Denkens in divergenten historischen, ideologischen, religiösen, kulturellen, ökonomischen, sozialen, wissenschaftlichen und zivilisatorischen Kontexten. Durch Referate, regelmäßige mündliche oder schriftliche Kurzbeiträge aller Teilnehmer und/oder Gruppenarbeiten wird der für das jeweilige Proseminar Stoff gemeinsam erarbeitet.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>eignen sich durch ihre Teilnahme an den Seminarsitzungen und durch ergänzendes Quellenstudium Kenntnisse über</li> </ul>

		<p>Hauptpositionen in der Geschichte der politischen Ideen unter besonderer Berücksichtigung der politischen Philosophie an,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• praktizieren und festigen ihre Fähigkeiten hinsichtlich der Recherche, der politiktheoretischen Dokumenten- und Textanalyse unterschiedlicher Materien und der Hermeneutik,</li> <li>• können die erworbenen Grundkenntnisse und –fähigkeiten vor einer Gruppe präsentieren,</li> <li>• sollen ihre Kenntnisse und Urteile im Seminar fundiert diskursiv begründen und vermitteln,</li> <li>• entwickeln ein politiktheoretisches Problembewußtsein und Fähigkeiten im kritischen Umgang mit den kognitiven Grundlagen der Politik.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Es wird empfohlen, am Proseminar erst teilzunehmen, nachdem das Einführungsmodul erfolgreich absolviert wurde.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Politische Wissenschaften Master of Science Artificial Intelligence 20211 B. A. Politikwissenschaft, Lehramtsstudiengang Politik und Gesellschaft (Gymnasien und Realschulen), Ergänzungsstudien in ausgewählten Disziplinen und Fächern.
10	<b>Method of examination</b>	Presentation and written assignment Referat (30 Minuten) und Hausarbeit (10-12 Seiten)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation and written assignment (100%) Referat 30%, Hausarbeit 70%
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30h Independent study: 120h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Wird im kommentierten Vorlesungsverzeichnis bekannt gegeben.

# Business Economics

1	<b>Module name</b> 74860	<b>Betriebliches Rechnungswesen I</b> Cost accounting I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Betriebliches Rechnungswesen I (2 SWS) Übung: Übungen zur Vorlesung "Betriebliches Rechnungswesen I" (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr. Ralf Pohl	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



# High performance computing as a minor subject

1	<b>Module name</b> 465562	<b>Advanced Programming Techniques</b> Advanced programming techniques (lecture and exercises)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Harald Köstler	
5	<b>Contents</b>	<p>Der Inhalt der Vorlesung besteht aus zahlreichen fortgeschrittenen C++-Themen, die ausgerichtet sind auf die richtige und effiziente Nutzung von C++ für eine professionelle Softwareentwicklung.</p> <p>The content of the lecture will consist of various topics of advanced C++ programming, aimed at teaching the proper and efficient usage of C++ for professional software development.</p> <p>These are basic language concepts, the newer standards (starting from C++11), object oriented programming in C++, static and dynamic polymorphism, template metaprogramming, and C++ idioms and design patterns.</p> <p>A good preparation for the lecture is the C++ primer book from S. Lippman et al. One should at least have several hundred hours of programming experience in C/C++ or any related object oriented programming language. Knowledge of basic concepts like pointers, references, inheritance and polymorphism is required.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b> Lernende können die grundlegenden Sprachkonstrukte in den verschiedenen C++ Standards wiedergeben. Students know the basic language constructs from different C++ standards.</p> <p><b>Verstehen</b> Lernende verstehen das C++ Objektmodell und können es mit anderen Programmiersprachen vergleichen. Students understand the C++ object model and are able to compare it to other programming languages.</p> <p><b>Anwenden</b> Lernenden können Standardalgorithmen in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren. Students can implement standard algorithms in an object oriented programming language.</p> <p><b>Analysieren</b> Lernende können gängige Design Patterns klassifizieren und deren Anwendbarkeit für bestimmte Probleme diskutieren. Students are able to classify common design patterns and to discuss their usability for certain problems.</p> <p><b>Evaluieren (Beurteilen)</b> Lernende können entscheiden, welches Software Design passend für eine bestimmte Aufgabe ist. Sie können auch den Implementierungsaufwand dafür abschätzen.</p>	

		<p>Students can decide, which software design fits for a certain task. They are also able to estimate the programming effort for it.</p> <p>Erschaffen</p> <p>Lernende entwickeln selbständig in einer Gruppe ein größeres Softwarepaket im Bereich Simulation und Optimierung.</p> <p>Students develop together in a group a larger software project in the area of simulation and optimization on their own.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211</p>
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 60 h</p> <p>Independent study: 165 h</p>
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Lippman: C++ Primer, Addison-Wesley</li> <li>• S. Meyers: Effective C++ Third Edition, Addison-Wesley</li> <li>• H. Sutter: Exceptional C++, Addison-Wesley</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 333815	<b>Rechnerarchitektur (Vorlesung mit Übung und Rechnerübung)</b> Computer architecture	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung werden eine Tafel- und eine Rechnerübung angeboten. Die Rechnerübung erfordert 11 erfolgreich abgeschlossene Übungsaufgaben, diese gehen mit 10% in die Modulgesamtnote ein. Die verbleibenden 90% werden durch die mündliche Prüfung bestimmt. Insgesamt werden 7,5 ECTS erworben. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren</li> <li>• Behandlung von Hazards in Pipelines</li> <li>• Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage</li> <li>• Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz</li> <li>• Ausnutzen von Cacheeffekten</li> <li>• Architekturen von Digitalen Signalprozessoren</li> <li>• Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V)</li> <li>• Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner)</li> <li>• Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA)</li> <li>• Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen</p>	

		<p>Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben.</p> <p>Anwenden Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen.</p> <p>Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterscheide gegenüberstellen und gegeneinander bewerten.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design</li> <li>• Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach</li> <li>• Stallings: Computer Organization and Architecture</li> <li>• Märtin: Rechnerarchitekturen</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 44510	<b>High End Simulation in Practice</b> High End Simulation in Practice (HESP)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to High End Simulation in Practice (4 SWS)	5 ECTS
		Vorlesung: High End Simulation in Practice (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Harald Köstler Dr.-Ing. Sebastian Kuckuk	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Harald Köstler	
5	<b>Contents</b>	Algorithmen und Datenstrukturen für parallele Strömungssimulation mittels der Lattice Boltzmann Methode in C++. Kopplung von Strömungssimulation und Starrkörpersimulation. Simulation von Partikeln in Strömung. Grundlagen der GPU Programmierung.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen Grundlegende Gesetze, die zur Simulation von physikalischen Effekten notwendig sind, darlegen.</p> <p>Verstehen Physikalische Grundgleichungen beschreiben.</p> <p>Anwenden Lösungsmethoden für physikalische Gleichungen implementieren. Numerische Algorithmen modifizieren um sie effizient zu parallelisieren. Numerische Algorithmen auf GPUs portieren.</p> <p>Analysieren Parallele Implementierungen auf GPU und CPU strukturieren.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen) Simulationsergebnisse validieren.</p> <p>Erschaffen Neue Simulationssoftware für GPU und CPU entwickeln.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 278169	<b>Programming Techniques for Supercomputers (Lecture and Tutorial)</b> Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial)	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Programming Techniques for Supercomputers (4 SWS) Übung: Programming Techniques for Supercomputers - Exercises (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Gerhard Wellein	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Gerhard Wellein	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to the architecture of modern supercomputers</li> <li>• Single core architecture and optimisation strategies</li> <li>• Memory hierarchy and data access optimization</li> <li>• Concepts of parallel computers and parallel computing</li> <li>• Efficient "shared memory parallelisation (OpenMP)</li> <li>• Parallelisation approaches for multi-core processors including GPUs</li> <li>• Efficient "distributed memory parallelisation (MPI)</li> <li>• Roofline performance model</li> <li>• Serial and parallel performance modelling</li> <li>• Energy efficient implementation and execution of parallel programs</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquire a comprehensive overview of programming modern supercomputers efficiently for numerical simulations</li> <li>• learn modern optimisation and parallelisation strategies, guided by structured performance modelling</li> <li>• acquire an insight into innovative programming techniques and alternative supercomputer architectures</li> <li>• are able to implement basic numerical methods with high hardware efficiency on parallel computers</li> <li>• are able to program and use modern supercomputer with high (energy) efficiency</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Experience in C/C++ or Fortran programming required; basic knowledge of MPI and OpenMP programming	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>G. Hager and G. Wellein: Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers. CRC Computational Science Series, 2010. ISBN 978-1439811924</p> <p>J. Hennessy and D. Patterson: Computer Architecture. A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, 2003. ISBN 1-55860-724-2</p>



1	<b>Module name</b> 981660	<b>Simulation und Wissenschaftliches Rechnen</b> Simulation and scientific computing 1	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Pflaum Prof. Dr. Ulrich Rude	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Performance Optimierung für numerische Algorithmen</li> <li>• OpenMP Parallelisierung</li> <li>• Finite Differenzen Diskretisierung im Ort</li> <li>• Praktische Abschätzung des Diskretisierungsfehlers und der Konvergenzgeschwindigkeit numerischer Verfahren</li> <li>• Software Entwicklung im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens</li> <li>• MPI Parallelisierung</li> <li>• Finite Differenzen Diskretisierung für zeitabhängige Probleme</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen Techniken zur Optimierung von Algorithmen im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens</li> <li>• lernen selbständig Algorithmen auf Parallelrechnern zu implementieren und zu optimieren</li> <li>• lernen theoretisch die Stabilität von numerischen Algorithmen zu untersuchen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Voraussetzung ist ein Modul im Bereich Numerik	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio	
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrbuch: G. Hager und G. Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press, 2010.</li> <li>• Lehrbuch: Goedecker und Adolfy Hoisie. Performance Optimization of Numerically Intensive Codes, SIAM, 2001.</li> <li>• Lehrbuch: Gropp, Lusk, Skjellum, Using MPI. The MIT Press, 1999.</li> <li>• Lehrbuch: Alexandrescu, Modern C++ Design, Generic Programming and Design Patterns. Addison-Wesley, 2001.</li> </ul>	

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Lehrbuch: Burden, Faires, Numerical Analysis, Brooks, 2001.</li><li>• Lehrbuch: Chandra at. al., Programming in OpenMP, Academic Press, 2001.</li></ul> |
|--|---|

1	<b>Module name</b> 43870	<b>Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2</b>	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christoph Pflaum	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in Mehrgitterverfahren</li> <li>• Theorie und Anwendung der Methode der finiten Elemente</li> <li>• Implementierung von Finite Elemente Verfahren</li> <li>• allgemeine 3-dimensionale Diskretisierungsgitter</li> <li>• Fluidodynamik, Finite Differenzen und Lattice Boltzmann Verfahren</li> <li>• Finite Elemente in der Strukturmechanik</li> <li>• Numerische Lösung der Maxwell'schen Gleichungen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen verschiedene numerische Verfahren zum Lösen partieller Differentialgleichungen kennen</li> <li>• lernen grundlegende Kenntnisse zur Implementierung der entsprechenden Algorithmen</li> <li>• werden in die Entwicklung von Simulationstechniken im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens, die</li> <li>• Analyse und Entwicklung von Diskretisierungen für partielle Differentialgleichungen</li> <li>• und die Entwicklung von Software im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens eingeführt.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Solides Hintergrundwissen in Ingenieurmathematik und einer höheren Programmiersprache (vorzugsweise C/C++)	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach High Performance Computing Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination with task	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination with task (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Briggs, Henson, McCormick, A Multigrid Tutorial. SIAM, ISBN 0-89871-462-1.</li> <li>• Strang, Fix, An Analysis of the Finite Element Method. Wellesley-Cambridge Press, ISBN 0-9614088-8-X.</li> <li>• Axelsson, Barker, Finite Element Solution of Boundary Value Problems. Siam, ISBN 0-89871-499-0.</li> </ul>	

- Braess, Finite Elemente. Springer, ISBN 3-540-61905-4.
- Braess, Finite elements. Cambridge University Press, ISBN 0521011957.
- Großmann, Roos, Numerik partieller Differentialgleichungen. Teubner, ISBN 3-519-02089-0.
- Großmann, Roos, Numerische Behandlung partieller Differentialgleichungen. Teubner, ISBN 3-519-22089-X.
- Grossmann, Roos, Stynes, Numerical treatment of partial differential equations. Springer, ISBN 978-3-540-71582-5.

# Electrical engineering

1	<b>Module name</b> 96500	<b>Analoge elektronische Systeme</b> Analogue electronic systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldeffekttransistor</li> <li>• Verstärker, Leistungsverstärker</li> <li>• Nichtlinearität und Verzerrung</li> <li>• Filtertheorie</li> <li>• Realisierung von Filtern</li> <li>• Intrinsisches Rauschen (Konzepte)</li> <li>• Physikalische Rauschursachen</li> <li>• Rauschparameter</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Phasenregelschleifen (PLLs)</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren</li> <li>• Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne</li> <li>• Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen</li> <li>• Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten</li> <li>• Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren</li> <li>• Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang</li> <li>• Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96000	<b>Antennen</b> Antennae	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung (Abstrahlung, Antennentypen, Anwendungsaspekte)</li> <li>• Grundlagen (Ebene Wellen, Polarisierung, Hertzscher Dipol, Kenngrößen)</li> <li>• Linearantennen (Dipole, Linienquellen)</li> <li>• Array-Antennen (Arrayfaktor, Verkopplung, Belegungsfunktionen)</li> <li>• Strahlschwenkung (Phasengesteuerte Arrays, frequenzgesteuerte Arrays)</li> <li>• Resonante Antennen (Babinet's Prinzip, Schlitzantennen, Patch-Antennen)</li> <li>• Aperturstrahler (Huygens Prinzip, Hornstrahler, Reflektorantennen)</li> <li>• Linsenantennen (Strahlenoptik, Linsentypen, künstliche Dielektrika)</li> <li>• Numerische Berechnungsverfahren (FDTD-Methode, Simulationsbeispiele)</li> <li>• Breitbandantennen (Winkelprinzip, Spiralantennen, Log.-Per. Antennen, Baluns)</li> <li>• Systemanwendungen von Antennen (Diversity, Mobilfunk, Radarsysteme)</li> <li>• Antennen-Messtechnik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen analytische und numerische Berechnungsmethoden für Antennen und Funkfelder kennen und anwenden.</li> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über klassische und spezielle Antennenbauformen und deren Charakteristiken für unterschiedliche Anwendungsgebiete im Kommunikations- und Radarbereich.</li> <li>• sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von einfachen Antennen, Gruppenantennen und Funkfeldern zu berechnen, darzustellen und zu bewerten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passive Bauelemente</li> <li>• Elektromagnetische Felder I</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	



12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraus, Marhefka: Antennas for All Applications, International Edition, McGraw-Hill, Boston, 3rd Edition, 2002.</li> <li>• Balanis: Antenna Theory, Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, New York, 2nd Edition, 1997.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92660	<b>Schaltungstechnik</b> Circuit technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Manuel Koch Sascha Breun Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET</li> <li>• Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten</li> <li>• Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler</li> <li>• Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen</li> <li>• Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von Halbleiterschaltungen wie Dioden- und Transistorgrundsaltungen, Verstärkern, Operationsverstärkern und Analog-Digital-/Digital-Analog-Umsetzern und können diese erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren.</li> <li>• Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	



1	<b>Module name</b> 92520	<b>Elektromagnetische Felder I</b> Electromagnetic fields I	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Tutorium: Tutorium zu Elektromagnetische Felder I (2 SWS) Vorlesung: Elektromagnetische Felder I (2 SWS)	- 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich Dr.-Ing. Gerald Gold	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	<b>Contents</b>	<p>Im ersten Teil der Vorlesung "Elektromagnetische Felder" wird zuerst der Begriff "Feld" eingeführt, die speziell damit verbundenen mathematischen Methoden und Aussagen sowie die zugrundeliegenden physikalischen Konzepte.</p> <p>Anschließend wird die Formulierung der Grundaussagen der elektromagnetischen Feldtheorie aus Experimenten und theoretischen Überlegungen in heutiger mathematischer Darstellung nachvollzogen. Dabei werden historische und aktuelle Begriffsbildungen einander gegenübergestellt - Atombau der Materie und Relativität waren bei Aufstellung der Theorie noch nicht bekannt!</p> <p>Das Nachvollziehen des historischen Begriffsbildungs- und Erkenntnisprozesses erleichtert den Zugang zur Begrifflichkeit und mathematischen Formulierung der Theorie und damit deren Verständnis und Vorstellbarkeit".</p> <p>In Kenntnis von Atombau der Materie und Relativität präzisiert die aktuelle Darstellung die Begriffe, wodurch deren Zahl reduziert werden kann.</p> <p>Folgerungen aus der Theorie werden vorgestellt - insbesondere die Existenz elektromagnetischer Wellen und die Deutung von Licht als solcher. Exemplarisch werden wesentliche Eigenschaften eines technisch besonders relevanten Wellentyps - der ebenen harmonischen Welle - abgeleitet.</p> <p>Phänomene in Materie im elektromagnetischen Feld werden aus atomistischer Sicht behandelt, was - zusammen mit der Festlegung der Maßeinheiten - zur aktuellen Begriffsbildung und Formulierung der Maxwell'schen Gleichungen (MG) führt.</p> <p>Daraus wird das Verhalten von Feldern an Materialübergängen abgeleitet.</p> <p>Als allgemeine Lösung der MG werden die elektromagnetischen Potentiale hergeleitet, ihre grundlegenden Eigenschaften erläutert und ihre Anwendung zur Lösung feldtheoretischer Fragestellungen dargestellt.</p> <p>Inhalt und Gültigkeitsbereich der Theorie werden diskutiert.</p> <p>Die Behandlung zeitlich konstanter elektrischer, magnetischer und Strömungsfelder - ihrer Entstehung und ihrer Eigenschaften - bildet den Abschluß des ersten Teils der Vorlesung.</p>

		<p>In den Übungen wird der Stoff der Vorlesung durch die Anwendung auf konkrete wissenschaftliche und technische Problemstellungen und beispielartige Lösung von Standardproblemen vertieft. Weiteres Ziel der Übungen ist die Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung.</p> <p>Inhaltsübersicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Felder: Physikalische Konzepte und mathematische Beschreibung</li> <li>• Begriffe und Grundaussagen der elektromagnetischen Feldtheorie</li> <li>• Folgerungen aus den Grundaussagen: Ausblick auf elektromagnetische Wellen</li> <li>• Materie im Feld und Felder an Materialübergängen</li> <li>• Die Potentiale des elektromagnetischen Felds</li> <li>• Inhalt und Gültigkeitsbereich der elektromagnetischen Feldtheorie</li> <li>• Zeitunabhängige Felder, Teil 1</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriffe und physikalische Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie zu erklären</li> <li>• Vektoralgebraische und vektoranalytische Beziehungen und Umformungen zu verstehen und letztere auch vorzunehmen</li> <li>• Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld zu verstehen und zu berechnen</li> <li>• die Bedeutung von Feldgleichungen und Kontinuitätsgleichung zu verstehen</li> <li>• Induktionsvorgänge zu verstehen und für einfache Situationen zu berechnen</li> <li>• grundlegende Eigenschaften ebener elektromagnetischer Wellen zu beschreiben</li> <li>• Phänomene elektrischer und magnetischer Felder in Materie und an Materialübergängen zu verstehen und zu beschreiben</li> <li>• Felder und Potentiale einfacher Ladungs- und Stromdichteverteilungen z.B. mittels der Maxwell'schen Gleichungen, allgemeiner Lösungen der Poissongleichung oder aufgrund mathematischer Korrespondenzen zu berechnen</li> <li>• den Gültigkeitsbereich der Theorie zu benennen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Voraussetzung: Vektoranalysis, z.B. aus der Mathematik-VL im Grundstudium
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Skript zur Vorlesung</li><li>• Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage</li><li>• Formelsammlung</li></ul>

1	<b>Module name</b> 92530	<b>Elektromagnetische Felder II</b> Electromagnetic fields II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
5	<b>Contents</b>	<p>Im zweiten Teil der Vorlesung "Elektromagnetische Felder" wird zunächst die Behandlung zeitunabhängiger Felder fortgesetzt mit Aussagen zu Arbeit und Energie von Ladungen, Strömen und Feldern sowie mit der Gegenüberstellung spezieller Aussagen für zeitunabhängige Felder mit den allgemeingültigen Beziehungen.</p> <p>Beginnend mit dem Energietransport im elektromagnetischen Feld wird sodann der allgemeine Fall zeitlich veränderlicher Felder und deren Verhalten in oder an Materie behandelt.</p> <p>Phänomene zeitveränderlicher Felder unter verschiedenen Bedingungen, wie Wellenerscheinungen und Wellenausbreitung in unterschiedlichen Medien an Grenzflächen und Materialübergängen, bilden den Hauptteil des zweiten Teils der Vorlesung.</p> <p>In den Übungen wird der Stoff der Vorlesung durch die Anwendung auf konkrete wissenschaftliche und technische Problemstellungen und beispielartige Lösung von Standardproblemen vertieft.</p> <p>Weiteres Ziel der Übungen ist die Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung.</p> <p>Inhaltsübersicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitunabhängige Felder, Teil 2</li> <li>• Energietransport im elektromagnetischen Feld</li> <li>• Elektromagnetische Wellen in homogenen Medien</li> <li>• EM-Wellen: Arten und Eigenschaften</li> <li>• Kenngrößen von EM-Wellen und ihrer Ausbreitungsbedingungen</li> <li>• EM-Wellen an Materialübergängen: Reflexion und Brechung</li> <li>• EM-Wellen an Materialübergängen: Inhomogenitäten und reale Oberflächen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehmomente und Kräfte auf Ladungs- und Stromdichteverteilungen in homogenen und inhomogenen Feldern zu berechnen</li> <li>• das Potential einer Ladungsverteilung durch Multipolentwicklung auszudrücken</li> <li>• Ladungsdichte, Potential und elektrisches Feld an Leiteroberflächen zu beschreiben</li> <li>• das Verfahren der Spiegelung bei der Berechnung elektromagnetischer Felder anzuwenden</li> <li>• die Energie zeitunabhängiger Ladungs- und Stromdichteverteilungen sowie von Feldern zu berechnen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Energiefluß in elektromagnetischen Feldern über den Poynting-Vektor zu berechnen</li> <li>• die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in homogenen verlustbehafteten Medien quantitativ zu beschreiben</li> <li>• die Kenngrößen von Wellen und deren Ausbreitungsbedingungen sowie Verluste zu berechnen</li> <li>• Feldstärken, Ausbreitungsrichtungen und Verluste bei Reflexion, Transmission und Brechung zu berechnen</li> <li>• die Wellenausbreitung in inhomogenen Medien zu beschreiben.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	EMF I und Vektoranalysis, z.B. aus der Mathematik-VL im Grundstudium
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript zur Vorlesung</li> <li>• Übungsaufgaben mit Lösungen</li> </ul> <p>(beides über StudOn verfügbar)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei EMF II handelt es sich um den zweiten Teil einer zweisemestrigen Kursvorlesung. Literaturempfehlungen sind daher bereits in den Unterlagen zu EMF I aufgeführt und beschrieben.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 96580	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektromagnetische Verträglichkeit (2 SWS) Übung: Ü-EMV (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Daniel Kübrich Daniel Breidenstein	

4	<b>Module coordinator</b>	Jeannette Konhäuser Dr.-Ing. Daniel Kübrich
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Modul dient als Einführung in die grundlegende Problematik der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es werden sowohl die Störemissionen, d.h. die Störaussendung auf Leitungen und als Abstrahlung als auch die Empfindlichkeit von elektronischen Geräten gegenüber den von außen kommenden Störungen betrachtet. Ausgehend von den in den unterschiedlichen Frequenzbereichen maximal zugelassenen Störpegeln werden neben den jeweils anzuwendenden Messverfahren insbesondere die technischen Möglichkeiten im Vordergrund stehen, die zur Reduzierung der Störemissionen bzw. zur Erhöhung der Störfestigkeit von Schaltungen beitragen.</p> <p>Es werden konkrete Fragestellungen der EMV, wie z.B. Störpegel auf Leitungen, Koppelmechanismen, Störpegel von abgestrahlten Feldern usw. berechnet und aus den Ergebnissen Maßnahmen zur Verbesserung der EMV-Situation abgeleitet. Neben den Rechenübungen werden zu den folgenden Themen praktische Messungen vorgenommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symmetrische und asymmetrische Störströme</li> <li>• Ersatzschaltbilder von Filterkomponenten</li> <li>• Netzfilterdämpfung</li> <li>• Koppelmechanismen</li> <li>• Reduzierung von Feldern durch Schirmung / Spiegelung</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Besonderheiten der EMV-Messtechnik zu verstehen,</li> <li>• die aktuellen Normen zu verstehen und anzuwenden,</li> <li>• die unterschiedlichen Koppelmechanismen zu verstehen und auf die Störprobleme in Schaltungen und Systemen anzuwenden,</li> <li>• die Störsituation bei Schaltungen zu bewerten und Maßnahmen zur Entstörung zu entwickeln.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)

12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96313	<b>Felder und Wellen in optoelektronischen Bauelementen (V-Fel-Wel)</b> Fields and waves in optoelectronic components (V-Fel-Wel)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernd Witzigmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Elektromagnetische Feldtheorie für Wellenleiter und Resonatoren          Kurze Einführung in die Quantenphysik/Halbleiterttheorie          Theorie Licht-Materie Wechselwirkung          Glasfaser          Halbleiterlaser          Photodiode          Modulator</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden geben die Grundbegriffe der optoelektronischen Bauelemente und der faserbasierten Informationsübertragung wieder wenden die Grundgleichungen der elektronagnetischen Feldtheorie auf optoelektronische Komponenten an klassifizieren Laser und Photodioden anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte beschreiben, skizzieren und vergleichen den Aufbau und die Materialzusammensetzung unterschiedlicher Bauelemente können anhand der vermittelten Modelle und Beschreibungen die Funktionsweise und Spezifikationen von Lasern, Modulatoren, Photodioden und Wellenleitern beurteilen</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>		
16	<b>Bibliography</b>	<p>Folien zur Vorlesung</p> <p>Shun Lien Chuang: Physics of Photonic Devices" 2012 (Wiley)</p> <p>Voges und Petermann: Optische Kommunikationstechnik" 2002 (Springer)</p>	

Coldren and Corzine: Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits"  
1995 (Wiley)

Saleh and Teich: Fundamentals of Photonics" 1991 (Wiley)

1	<b>Module name</b> 92560	<b>Grundlagen der Elektrotechnik I</b> Foundations of electrical engineering I	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernd Witzigmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Diese Vorlesung bietet einen Einstieg in die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik. Ausgehend von beobachtbaren Kraftwirkungen zwischen Ladungen und zwischen Strömen wird der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes eingeführt. Mit den daraus abgeleiteten integralen Größen Spannung, Strom, Widerstand, Kapazität und Induktivität wird das Verhalten der passiven Bauelemente diskutiert. Am Beispiel der Gleichstromschaltungen werden die Methoden der Netzwerkanalyse eingeführt und Fragen nach Wirkungsgrad und Zusammenschaltung von Quellen untersucht. Einen Schwerpunkt bildet das Faradaysche Induktionsgesetz und seine Anwendungen. Die Bewegungsinduktion wird im Zusammenhang mit den Drehstromgeneratoren betrachtet, die Ruheinduktion wird sehr ausführlich am Beispiel der Übertrager und Transformatoren diskutiert. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Behandlung zeitlich periodischer Vorgänge. Die komplexe Wechselstromrechnung bei sinusförmigen Strom- und Spannungsformen wird ausführlich behandelt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Physikalische Grundbegriffe</li> <li>2. Das elektrostatische Feld</li> <li>3. Das stationäre elektrische Strömungsfeld</li> <li>4. Einfache elektrische Netzwerke</li> <li>5. Das stationäre Magnetfeld</li> <li>6. Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld</li> <li>7. Wechselspannung und Wechselstrom</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Begriff des Feldes zu verstehen,</li> <li>• Gleich- und Wechselstromschaltungen mit Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren zu entwickeln,</li> <li>• Schwingkreise und Resonanzerscheinungen zu analysieren,</li> <li>• Energie- und Leistungsberechnungen durchzuführen,</li> <li>• Schaltungen zur Leistungsanpassung und zur Blindstromkompensation zu bewerten,</li> <li>• das Drehstromsystem zu verstehen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Albach, Elektrotechnik, Pearson Verlag</li> <li>• Manfred Albach: Grundlagen der Elektrotechnik I und II, Pearson-Verlag</li> <li>• Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage</li> <li>• Optional: Übungsbuch, Pearson-Verlag</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92570	<b>Grundlagen der Elektrotechnik II</b> Foundations of electrical engineering II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: GET II Ü, Gruppe B ( MT) (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik II (2 SWS) Tutorium: GET II Tut (2 SWS)	- 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Christoph Kammel Konstantin Root Michael Ehrngruber Tim Pfahler Dr.-Ing. Ingrid Ullmann Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	
5	<b>Contents</b>	<p>Diese Veranstaltung stellt den zweiten Teil einer 3-semesterigen Lehrveranstaltung über Grundlagen der Elektrotechnik für Studierende der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik im Grundstudium dar. Inhalt ist die Analyse elektrischer Grundschaltungen und Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen bei sinus- und nichtsinusförmiger harmonischer Erregung.</p> <p>Nach kurzer Einführung in die komplexe Wechselstromrechnung und den Umgang mit elementaren elektrischen Bauelementen werden zunächst Spannungs- und Stromquellen und ihre Zusammenschaltung mit einer Last sowie die Leistungsübertragung von der Quelle zur Last betrachtet. Nach Herleitung und beispielhafter Anwendung von Methoden und Sätzen zur Berechnung und Vereinfachung elektrischer Schaltungen (Überlagerungssatz, Reziprozitätstheorem, äquivalente Schaltungen, Miller-Theorem etc.) werden zunächst 2-polige Netzwerke analysiert und in einem weiteren Kapitel dann allgemeine Verfahren zur Netzwerkanalyse wie das Maschenstromverfahren und das Knotenpotenzialverfahren behandelt.</p> <p>Die Berechnung der verallgemeinerten Eigenschaften von Zweipolfunktionen bei komplexen Frequenzen führt im verlustlosen Fall zur schnellen Vorhersagbarkeit des Frequenzverhaltens und zu elementaren Verfahren der Schaltungssynthese.</p> <p>Der nachfolgende Teil über mehrpolige Netzwerke konzentriert sich nach der Behandlung von allgemeinen Mehrtoren auf 2-Tore und ihr Verhalten, ihre verschiedenen Möglichkeiten der Zusammenschaltung und die zweckmäßige Beschreibung in verschiedenen Matrixdarstellungen (Impedanz-, Admittanz-, Ketten-, Hybridmatrix). Das Übertragungsverhalten von einfachen und verketteten Zweitoren wird am Beispiel gängiger Filterarten durchgesprochen und das Bode-Diagramm zur schnellen Übersichtsdarstellung eingeführt.</p> <p>Nach allgemeiner Einführung der Fourierreihenentwicklung periodischer Signale wird die Darstellung von nicht sinusförmigen periodischen Erregungen von Netzwerken mittels reeller und komplexer Fourierreihen</p>	

		und die stationäre Reaktion der Netzwerke auf diese Erregung behandelt. Als mögliche Ursache für nichtsinusförmige Ströme und Spannungen in Netzwerken werden nichtlineare Zweipole mit ihren Kennlinienformen vorgestellt und auf die Berechnung des erzeugten Oberwellenspektrums eingegangen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Umformung, Analyse und Synthese von einfachen und umfangreicheren Netzwerken bei sinus- und nichtsinusförmiger Erregung in komplexer Darstellung.</li> <li>• können die im Inhalt beschriebenen Verfahren und Methoden der Netzwerkanalyse erklären und auf Schaltungsbeispiele anwenden.</li> <li>• können Verfahren der Netzwerkanalyse hinsichtlich des Rechenaufwandes beurteilen und vergleichen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik 1</li> <li>• Mathematik I</li> <li>• Mathematik II (begleitend)</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Elektrotechnik, Albach, M., 2011.  Grundlagen der Elektrotechnik - Netzwerke, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2013.  (bisher: Grundlagen der Elektrotechnik 3, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2006.



1	<b>Module name</b> 92580	<b>Grundlagen der Elektrotechnik III</b> Foundations of electrical engineering III	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfang und Bedeutung der elektrischen Messtechnik</li> <li>• Die Grundlagen des Messens</li> <li>• Fourier-Transformation</li> <li>• Laplace-Transformation</li> <li>• Netzwerkanalyse im Zeit- und Laplace-Bereich</li> <li>• Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm</li> <li>• Nichtlineare Bauelemente, Schaltungen und Systeme</li> <li>• Operationsverstärker</li> <li>• Messverstärker</li> <li>• Messfehler</li> <li>• Messung von Gleichstrom und Gleichspannung</li> <li>• Ausschlagbrücken</li> <li>• Abgleichbrücken, Messung von elektrischen Impedanzen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen die behandelten Verfahren gemäß ihrer Eignung für spezifische Probleme (Zeit-/Frequenzbereich, Linear/ Nichtlinear) ein.</li> <li>• wählen geeignete Verfahren zur Analyse elektrischer Netzwerke aus und wenden diese an.</li> <li>• interpretieren die Ergebnisse und zeigen Zusammenhänge zwischen den Lösungsverfahren auf.</li> <li>• kennen einfache Grundschaltungen mit Operationsverstärkern und sind in der Lage, diese zu analysieren.</li> <li>• kennen die behandelten Messschaltungen und ihre Einsatzmöglichkeiten.</li> <li>• analysieren Brückenschaltungen.</li> <li>• wenden grundlegende Konzepte der Messfehlerrechnung auf Messschaltungen an.</li> <li>• reflektieren selbstständig den eigenen Lernprozess und nutzen die Präsenzzeit zur Klärung der erkannten Defizite.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Lehrbuch: Elektrische Messtechnik", R. Lerch, 7. Aufl. 2016, Springer-Verlag  Übungsbuch: Elektrische Messtechnik Übungen", R. Lerch, M. Kaltenbacher, F. Lindinger, A. Sutor, 2. Aufl. 2005, Springer-Verlag

1	<b>Module name</b> 96260	<b>Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Heinrich Milosiu	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transceiver-Architekturen</li> <li>• Hochfrequenzaspekte</li> <li>• Transistoren und Technologien</li> <li>• Passive Bauelemente und Netzwerke</li> <li>• Rauscharme Vorverstärker</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Phasenregelschleifen und Synthesizer</li> <li>• Messtechnische Grundlagen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den Aufbau sowie Vor- und Nachteile von Transceiver-Architekturen zu verstehen</li> <li>• Hochfrequenzaspekte von Transistoren und Schaltungen zu analysieren</li> <li>• Geeignete Integrationstechnologien auszuwählen</li> <li>• Passive Bauelemente und Netzwerke zu verstehen und anzuwenden</li> <li>• Schaltungstopologien rauscharmer Vorverstärker, Mischer, Oszillatoren anzuwenden und zu analysieren</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 92640	<b>Praktikum Schaltungstechnik</b> Laboratory: Circuit technology	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: PR ST (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Sascha Breun Sebastian Peters Manuel Koch	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Praktikum ist aufgeteilt in fünf Versuche, die das theoretische Wissen über die analoge und digitale Schaltungstechnik vertiefen und besonders die Anwendung in der Praxis zeigen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Bedienung der Messgeräte</li> <li>2) Bipolar und MOSFET-Transistorschaltungen</li> <li>3) Operationsverstärker-Anwendungen</li> <li>4) Digitaltechnik</li> <li>5) Analog-Digital-Umsetzung</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studenten lernen, grundlegende elektronische Schaltungen zu simulieren, aufzubauen und zu vermessen und mit den Simulationsergebnissen zu vergleichen. Das Verständnis wird durch den praktischen Umgang mit Bipolar- und Feldeffekttransistoren sowie Operationsverstärkern vertieft. Des Weiteren werden digitale Schaltungen entworfen aufgebaut und verifiziert. Außerdem vermittelt der Umgang mit Analog-Digital und Digital-Analog-Umsetzern die Anwendung der Systemtheorie.</p> <p>Die Anwesenheit ist verpflichtend, da der Kompetenzerwerb im Umgang mit Messgeräten nur durch die Präsenz im Labor erlangt werden kann.</p> <p>Um die Sicherheit zu gewährleisten, ist die tägliche Teilnahme an den Unterweisungen zu den einzelnen Versuchen verpflichtend.</p> <p>Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studenten in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messaufbauten mit Messgeräten wie z.B. Multimeter, Signalgenerator, Oszilloskop im Zeit- und Frequenzbereich zu untersuchen,</li> <li>• den inneren Aufbau von Operationsverstärkern zu analysieren, indem dieser mit diskreten Transistorschaltungen aufgebaut wird,</li> <li>• komplexe Anlogschaltungen mittels Simulationen und Messungen zu analysieren und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren,</li> <li>• durch einen Vergleich von gemessenen und simulierten Ergebnissen den Einfluss von parasitären Eigenschaften nachzuvollziehen,</li> <li>• komplexe logische Verknüpfungen zu vereinfachen und sie als Schal-tung aufzubauen und die Funktion zu überprüfen,</li> <li>• theoretische und messtechnische Zusammenhänge von Quantisierungsverhalten in Mixed-Signal-Schaltungen am Beispiel eines 8 Bit Analog-Digital-Umsetzers zu analysieren,</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filterentwurf und Aufbau am Beispiel eines Rekonstruktionsfilters für die Digital-Analog-Umsetzung durchzuführen und dessen Amplituden- und Phasengang zu bestimmen,</li> <li>• sich mit komplexen Fragenstellungen in Gruppenarbeit auseinander-zusetzen,</li> <li>• sich bei auftretenden Problemen mit weitergehender Literatur selbständig oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungsansätze zu er-arbeiten,</li> <li>• Simulations- und Messergebnisse sinnvoll zu dokumentieren und auf Plausibilität zu prüfen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92504	<b>Praktikum: Numerische Methoden der Halbleiterbauelemente</b> Laboratory course: Numerical methods for semiconductor components	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Numerische Methoden der Halbleiterbauelemente (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Friedhard Römer	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Friedhard Römer	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbständige Implementierung von numerischen Algorithmen sowie Anwendung von kommerziellen Simulationswerkzeugen am Beispiel der Halbleiterbauelemente</li> <li>• Grundlagen der numerischen Simulation von Kontinuumsgleichungen am Beispiel des Halbleitertransports</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Fachkompetenz Wissen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungen partieller Differentialgleichungssysteme unter Verwendung der finiten Volumen sowie der finiten Differenzen</li> <li>• Interpretation und Beurteilung von Simulationsergebnissen anhand von Stromtransport in Halbleitern</li> <li>• Bedienung von kommerziellen Simulationswerkzeugen, inkl. Gemeotrieezeugung, Diskretisierung, Parameter-Datenbanken, sowie Visualisierung von Daten</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices</li> <li>• J. Jin, The Finite Element Method in Electromagnetics</li> <li>• Vorlesungsskript</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 242643	<b>Praktikum Photonik/Lasertechnik 1</b> Laboratory course: Photonics/Laser technology 1	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	
5	<b>Contents</b>	<p>In kleinen Gruppen zu 2-3 Studierenden werden zehn Versuche zu folgenden Themen der Lasertechnik und Photonik durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• *Geometrische Optik* - Fresnelgesetze - Chromatische Aberration</li> <li>• *Kohärente Optik* Beugung - Optische 2D-Fouriertransformation - Raumfilterung</li> <li>• *HeNe-Laser* - Aktives Medium - Anschlagbedingung - Spektrum</li> <li>• *Gaußstrahl* - TEM00 - Abbildung durch Linsen</li> <li>• *Laser-Resonatoren* - g-Parameter Stabilitätsbereich</li> <li>• *Strahlqualität* - Multimode-Laser - Strahlparameterprodukt - Strahlprofil-Kamera</li> <li>• *CO2-Laser* - Gitterabstimmung - Spektrallinien - Materialbearbeitung</li> <li>• *Laserdioden* - FP,DFB,LED - Kennlinien - Abstrahlung - Spektrum</li> <li>• *Faseroptik* - Fasertypen - Moden - Dämpfung</li> <li>• *Singlemodedfasern* - Fusionsspleißen - Laser einkoppeln</li> </ul> <p>Durch das Praktikum können theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Photonik 1, zu Lasern und Photonik durch vorlesungsbegleitende Experimente vertieft werden. Dies ist die Voraussetzung, um grundlegende laserbasierte Systeme in der Praxis einzusetzen, für viele Anwendungen in Wissenschaft und Technik. Derartige Systeme werden eingesetzt z.B. für die Präzisionsmesstechnik, in der industriellen Materialbearbeitung, in der Bioanalytik, für die Medizintechnik, in Geräten der Unterhaltungselektronik oder in der optischen Nachrichtentechnik.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen aufgrund praktischer Experimente Aufbau und Funktion grundlegender optischer, faseroptischer und photonischer Komponenten</li> <li>• können die genannten Komponenten und Systeme sowie Laser anwendungsnah handhaben und anwenden.</li> <li>• können photonische Messmethoden in der Praxis erproben und charakterisieren.</li> <li>• können durch praktische Erfahrung Eigenschaften unterschiedlicher Lichtwellenleiter und Laser vergleichen und einschätzen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Voraussetzung: Photonik 1, kann auch parallel gehört werden.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	

9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010.</p> <p>Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.</p> <p>Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004.</p> <p>Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008.</p> <p>Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.</p>



1	<b>Module name</b> 92620	<b>Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik für EEI,ME,BP,INF,Math</b> Laboratory: Foundations of electrical engineering for EECE, ME, BP, CS, math	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik II (EEI) (1 SWS) Praktikum: PR GET I EEI /BPT (1 SWS) Praktikum: Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik III Kurs A (1 SWS) Praktikum: PR GETI-ME (0 SWS)	1,5 ECTS 1,5 ECTS 0,83 ECTS 0,83 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Jan Steffen Schür Sebastian Kölle Leonard Schwarze Daniel Andreas Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Timo Maiwald Angelika Thalmayer Christof Pfannenmüller	

4	<b>Module coordinator</b>	Christopher Beck
5	<b>Contents</b>	<p>Im Rahmen des Praktikums GET I werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wickelkondensator</li> <li>2. Magnetfeldmessung</li> <li>3. Transformator</li> <li>4. Schwingkreis</li> </ol> <p>Im Rahmen des Praktikums GET II werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ohmsche Netze; Zweitore</li> <li>2. Quelle und Last; reaktiver Zweipol; Bode-Diagramm</li> <li>3. Schaltungssimulation</li> <li>4. Nichtsinusförmige periodische Signale und Fourierreihen</li> </ol> <p>Im Rahmen des Praktikums GET III werden 4 Versuche zu den folgenden Themen durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einschwingvorgänge</li> <li>2. nichtlineare Netzwerke</li> <li>3. Messschaltungen</li> <li>4. Brückenschaltung</li> </ol> <p>Die Dauer der einzelnen Versuche entspricht etwa der Dauer von 3-4 Vorlesungsstunden. Nähere Informationen zur Anmeldung und zur Gruppeneinteilung sind im Sekretariat des Lehrstuhls erhältlich bzw. werden am Ende der VL Grundlagen I besprochen. Für die erfolgreiche Teilnahme an den Versuchen wird ein Schein ausgestellt.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messaufbauten mit den grundlegenden Messgeräten wie z.B. Multimeter, Sinusgenerator, Oszilloskop sowie deren Bedienung zu verstehen,</li> <li>• den inneren Aufbau von Kondensatoren und Transformatoren zu analysieren, indem sie einen Kondensator und einen Transformator selber herstellen,</li> <li>• einfache Schaltungen messtechnisch zu analysieren und deren Verhalten zu verstehen,</li> <li>• durch einen Vergleich von gemessenen und berechneten Ergebnissen den Einfluss von parasitären Eigenschaften zu verstehen,</li> <li>• den grundlegenden Umgang mit nichtsinusförmigen periodischen Signalen zu verstehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Voraussetzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik I </li> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik II </li> <li>•  Grundlagen der Elektrotechnik III </li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 36 h Independent study: 39 h
14	<b>Module duration</b>	3 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterlagen zur Vorlesung  Grundlagen der Elektrotechnik I </li> <li>• Unterlagen zur Vorlesung  Grundlagen der Elektrotechnik II </li> <li>• R. Lerch: Elektrische Messtechnik, Springer, 5. Auflage</li> <li>• Versuchsbeschreibungen</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 95192	<b>Praktikum Hochfrequenztechnik / Mikrowellentechnik 1</b> Laboratory on microwave technology 1	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek	
5	<b>Contents</b>	<p>In Kleingruppen zu 2-3 Studierenden werden neun Versuche zu folgenden Themen der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung und Messung von HF-Signalen</li> <li>• Wellenausbreitung und Reflexionsfaktormessung</li> <li>• Streuparametermessung</li> <li>• Netzwerkanalyse</li> <li>• Anpassungs-Transformatoren</li> <li>• Antennen und Strahlungsfelder</li> <li>• Nichtreziproke Bauelemente</li> <li>• HF-Resonatoren</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Hochfrequenztechnik 1, zu HF-Messtechnik, Antennen und weiteren passiven HF-Bauteilen durch vorlesungsbegleitende Experimente anwenden und vertiefen.</li> <li>• analysieren mit modernster HF-Messtechnik und Methoden passive Schaltungen und Komponenten</li> <li>• sind in der Lage, wichtige Bauelemente wie z. B. Filter und Antennen zu evaluieren und zu bewerten</li> <li>• erhalten einen praktischen Einblick in die wichtigsten Arbeitsgebiete der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik.</li> </ul> <p>Sie sind damit in der Lage, grundlegende HF-Systeme, die als Voraussetzung für viele Anwendungen in Wissenschaft und Technik gelten, in der Praxis einzusetzen und zu evaluieren. Derartige Systeme werden eingesetzt z.B. für Radaranwendungen, in einer Vielzahl von drahtlosen Kommunikationsanwendungen, im Automobilbereich und im industriellen Umfeld der HF-Messgeräteentwicklung.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000). Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)

1	<b>Module name</b> 92347	<b>Mechatronic components and systems (MCS)</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut) (SWS)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	
5	<b>Contents</b>	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensors for measuring mechanical quantities</li> <li>• Control and information processing</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of this module, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing.</li> <li>• Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren.</li> <li>• Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design.</li> <li>• Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system.</li> <li>• Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.</li> <li>• Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer.</li> <li>• Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92720	<b>Hochfrequenztechnik</b> Microwave technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	<b>Contents</b>	Nach einer Einführung in die Frequenzbereiche und Arbeitsmethoden der Hochfrequenztechnik werden die Darstellung und Beurteilung linearer n-Tore im Wellen-Konzept systematisch hergeleitet und Schaltungsanalysen in der Streumatrix-Darstellung durchgeführt. Bauelemente wie Dämpfungsglieder, Phasenschieber, Richtungsleitungen, Anpassungstransformatoren, Resonatoren und Mehrkreisfilter sowie Richtkoppler und andere Verzweigungs-n-Tore erfahren dabei eine besondere Behandlung, insbesondere in Duplex- und Brückenschaltungen. Rauschen in Hochfrequenzschaltungen wirkt vor allem in Empfängerstufen störend und ist zu minimieren. Antennen und Funkfelder mit ihren spezifischen Begriffen, einschließlich der Antennen- Gruppen bilden einen mehrstündigen Abschnitt. Abschließend werden Hochfrequenzanlagen, vor allem Sender- und Empfängerkonzepte in den verschiedenen Anwendungen wie Rundfunk, Richtfunk, Satellitenfunk, Radar und Radiometrie vorgestellt und analysiert.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen.</li> <li>lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen.</li> <li>sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von HF-Bauelementen und Baugruppen sowie Antennen und einfachen HF-Systemen zu berechnen und zu bewerten.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlene Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Passive Bauelemente</li> <li>Elektromagnetische Felder I</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000).  Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)



1	<b>Module name</b> 92501	<b>Numerische Methoden elektromagnetischer Felder</b> Numerical methods of electromagnetic fields	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Friedhard Römer
5	<b>Contents</b>	Grundlagen der numerischen Simulation von quasistationären elektromagnetischen Feldern und elektromagnetischer Wellenausbreitung
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über verschiedene numerische Methoden zur Lösung der Maxwell'schen Gleichungen im Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>• Anwendung der Finite-Differenzen-Zeitbereichsmethode und der Finite-Elemente-Methode zur Lösung elektromagnetischer Feldprobleme</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorlesung GET 1, GET 2 (erfolgreiches Bestehen)
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 6
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taflove, A., Hagness, S.: Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. 3rd Ed., Artech House, Norwood, Mass., USA, 2005.</li> <li>• Jin, J.: The Finite Element Method in Electromagnetics. Wiley-IEEE Press, 2007</li> <li>• Jin, J.-M.: Theory and computation of electromagnetic fields. IEEE Press, Piscataway, New Jersey, USA, 2015.</li> <li>• Vorlesungsskript</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92400	<b>Optische Übertragungstechnik</b> Optical communication systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Optische Übertragungstechnik Übung (2 SWS) Vorlesung: Optische Übertragungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Esther Renner Benedikt Beck Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	
5	<b>Contents</b>	<p>Kommerzielle Optische Kommunikationssysteme erreichen pro Faser Übertragungskapazitäten von mehreren Tbit/s. Im Labor wurden mehr als 100Tbit/s nachgewiesen. Die Realisierung derartiger Systeme setzt die Beherrschung verschiedenster Techniken der optischen Übertragungstechnik voraus. In der Vorlesung werden Techniken des Zeitbereichs - (TDM) und Wellenlängenmultiplex (WDM), aber besonders auch der Auslegung der Übertragungstrecke (Link Design) auf der Basis entsprechender physikalischer und signaltheoretischer Grundlagen behandelt und vertieft. Dabei werden Verfahren besprochen, die sicherstellen, dass sowohl die Signalverzerrungen durch lineare und nichtlineare Fasereffekte als auch die Akkumulation des Verstärkerrauschens begrenzt bleiben. Es wird ausführlich die Systemoptimierung hinsichtlich des optischen Signal-Rausch-Verhältnisses (OSNR) diskutiert sowie auf Techniken des Dispersions- und Nichtlinearitätsmanagements (z.B. Solitonenübertragung) eingegangen. Hierbei wird dem Themenkomplex einer optimalen Streckenauslegung besonders eingehend behandelt. In der Folge werden verschiedene, gebräuchliche Modulationsverfahren einschließlich kohärenter Übertragungsverfahren behandelt, die in neueren Systemen eingesetzt und in experimentellen Systemen getestet werden. Eine Besprechung optischer Verfahren zur Signalregeneration bildet die Brücke zu aktuellen eigenen Forschungsarbeiten.</p> <p>Die vermittelten Grundlagen werden in der Übung zur Vorlesung durch praxisnahe und anschauliche Simulationsbeispiele vertieft.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Konzeption und Struktur verschiedener optischer Übertragungssysteme.</li> <li>• können die Qualität optischer Datensignale im Kontext verschiedener Systemkonzepte vergleichen und bewerten</li> <li>• sind in der Lage Streckenauslegungen zu entwickeln und zu optimieren.</li> <li>• besitzen methodische Kenntnis zur Bestimmung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit optischer Übertragungstrecken unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Ergebnisse.</li> </ul>	

7	<b>Prerequisites</b>	Komponenten optischer Kommunikationssysteme hilfreich aber nicht obligatorisch
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>Agrawal, G.P.: Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley &amp; Sons, 1997</p> <p>Agrawal, G.P.: Nonlinear Fiber Optics, John Wiley &amp; Sons, 3. Auflage, 2001</p> <p>Kaminow, I, Koch, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002</p> <p>Skriptum zur Vorlesung</p> <p>Kaminow, I, Li, T., Willner,A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008</p>

1	<b>Module name</b> 92610	<b>Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten (2 SWS) Übung: Passive Bauelemente und deren HF-Verhalten Übung (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek Marcel Hoffmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul beschäftigt sich mit den elementaren passiven Bauelementen der Elektrotechnik und ihren hochfrequenztechnischen Eigenschaften. Neben der Theorie und den Eigenschaften der passiven Bauelemente werden wichtige anwendungsspezifische Aspekte behandelt. Zunächst werden der Aufbau und die Eigenschaften sowie die Frequenzabhängigkeit realer Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Übertrager und Resonanzelemente behandelt. Als Basis hierzu werden der Skineffekt und die Polarisationsmechanismen in dielektrischen bzw. magnetischen Medien thematisiert. Die Eigenschaften der elektrischen Leitung - als Beispiel für ein elektromagnetisches Bauelement, das in wenigstens einer Dimension größer als die Wellenlänge ist - bilden einen weiteren Bestandteil. In diesem Rahmen werden die Leitungstheorie der Lecherleitung und der Einsatz von Leitungen als Transformationselement behandelt. Als Hilfsmittel für Leitungstransformationen wird das Smith-Chart eingeführt, welches zur Bearbeitung von Schaltungsaufgaben eingesetzt wird. Des Weiteren werden die Eigenschaften und Anwendungen gängiger hochfrequenztauglicher Wellenleiter, wie z. B. koaxiale oder planare Wellenleiter, behandelt. Abschließend werden die Wellengrößen und die Streuparameterdarstellung zur Beschreibung hochfrequenter elektrischer Komponenten und Netzwerke eingeführt.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach erfolgreicher Absolvierung des Moduls kennen und verstehen die Studierenden die HF-Eigenschaften von realen konzentrierten Bauelementen sowie von elektromagnetischen Wellenleitern und deren Zusammenschaltungen und können die zuvor genannten passiven Bauelemente anhand ihrer Kenngrößen bewerten. Sie sind zudem in der Lage, die Kenngrößen und die frequenzabhängigen Übertragungseigenschaften von konzentrierten Bauelementen, von Wellenleitern und von einfachen Zusammenschaltungen zu berechnen.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik 1-2</li> <li>• Mathematik 1-3</li> <li>• Werkstoffkunde</li> <li>• Elektromagnetische Felder I (begleitend)</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>[1] Frank Gustrau, Hochfrequenztechnik: Grundlagen der mobilen Kommunikationstechnik, Carl Hanser Verlag GmbH &amp; Co. KG, 1. Auflage, 2011</p> <p>[2] Zinke, O., Brunswig, H., Hochfrequenztechnik, Band 1, Springer Verlag, Berlin, 6. Auflage, 2000</p> <p>[3] Meinke, H., Gundelach, F. W., Lange, K., Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer Verlag, Berlin, 5. Auflage, 1992</p> <p>[4] Rizzi, P. A., Microwave Engineering, Passive Circuits Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988</p> <p>[5] Pozar, D. M., Microwave Engineering John Wiley &amp; Sons, New York, 2. Auflage, 1998</p>

1	<b>Module name</b> 92390	<b>Photonik 1</b> Photonics 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	<b>Contents</b>	Es werden umfassend die technischen und physikalischen Grundlagen des Lasers behandelt. Der Laser als optische Strahlquelle stellt eines der wichtigsten Systeme im Bereich der optischen Technologien dar. Ausgehend vom Helium-Neon-Laser als Beispielsystem werden die einzelnen Elemente wie aktives Medium und Resonatoren eines Lasers sowie die ablaufenden physikalischen Vorgänge eingehend behandelt. Es folgt die Beschreibung von Laserstrahlen und ihrer Ausbreitung als Gauß-Strahlen sowie Methoden zur Beurteilung der Strahlqualität. Eine Übersicht über verschiedene Lasertypen wie Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser bietet einen Einblick in deren charakteristische Eigenschaften und Anwendungen. Vervollständigt wird die Vorlesung durch die grundlegende Beschreibung von Lichtwellenleitern, Faserverstärkern und halbleiterbasierten optoelektronischen Bauelementen wie Leuchtdioden und Photodioden.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Grundlagen der Physik des Lasers darlegen.</li> <li>• verstehen Eigenschaften und Beschreibungsmethoden von laseraktiven Medien, der stimulierte Strahlungsübergänge, der Raten Gleichungen, von optischen Resonatoren und von Gauß-Strahlen.</li> <li>• können verschiedene Lasertypen aus dem Bereichen Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser erklären und vergleichen.</li> <li>• können grundlegende Eigenschaften von Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterbauelementen erklären und skizzieren.</li> <li>• verstehen Aufbau und Funktionsweise ausgewählter optoelektronischer Bauelemente.</li> <li>• können grundlegende Fragestellung der Lasertechnik eigenständig bearbeiten, um Laserstrahlquellen weiterzuentwickeln und Lasertechnik und Photonik in einer Vielzahl von Anwendungen in Bereichen wie Medizintechnik, Messtechnik, Übertragungstechnik, Materialbearbeitung oder Umwelttechnik einzusetzen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlen werden Kenntnisse im Bereich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentalphysik, Optik</li> <li>• Elektromagnetische Felder</li> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010.</p> <p>Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.</p> <p>Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004.</p> <p>Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008.</p> <p>Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.</p>

1	<b>Module name</b> 92531	<b>Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1</b> Quantum electronics I - Quantum technologies 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy	
5	<b>Contents</b>	Das Modul Quantentechnologien 1 vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen von Quantentechnologien. Die Quantentechnologie ist eine neue Forschungsrichtung, die das Potential besitzt, aktuelle Technologien zu revolutionieren. Es werden relevante Themen aus der Quantenmechanik in Bezug auf Anwendungen im Bereich der Quantensensorik, Quantenkommunikation und Quantencomputer dargestellt. Im Bereich der Quantenmechanik sollen Grundlagen sowie quantenmechanische Effekte vermittelt werden, die für das Verständnis von Quantentechnologien wichtig sind.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen.</p> <p>Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben.</p> <p>Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haken, Herrmann &amp; Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik</li> <li>• Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen</li> </ul>	



1	<b>Module name</b> 92351	<b>Quantentechnologien 1</b> Quantum technologies 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy	
5	<b>Contents</b>	Das Modul Einführung in Quantentechnologien vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen von Quantentechnologien. Die Quantentechnologie ist eine neue Forschungsrichtung, die das Potential besitzt, aktuelle Technologien zu revolutionieren. Es werden relevante Themen aus der Quantenmechanik in Bezug auf Anwendungen im Bereich der Quantensensorik, Quantenkommunikation und Quantencomputer dargestellt. Im Bereich der Quantenmechanik sollen Grundlagen sowie quantenmechanische Effekte vermittelt werden, die für das Verständnis von Quantentechnologien wichtig sind.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden können Fachkompetenz Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen. Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben. Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.	
7	<b>Prerequisites</b>	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haken, Herrmann &amp; Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik</li> <li>Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 92670	<b>Sensorik</b> Sensor technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Sensorik</li> <li>• Wandlerprinzipien</li> <li>• Sensor-Parameter</li> <li>• Sensor-Technologien</li> <li>• Messung mechanischer Größen</li> <li>• Chemo- und Biosensoren</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder</li> <li>• klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte</li> <li>• beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren</li> <li>• kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser</li> <li>• beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen</li> <li>• analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen</li> <li>• zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german

16	<b>Bibliography</b>	<p>Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg</p> <p>Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden</p> <p>Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer</p>
----	---------------------	--

# Robotics and automation

1	<b>Module name</b> 92650	<b>Regelungstechnik A (Grundlagen)</b> Control engineering A (Foundations)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung behandelt die Grundlagen der Regelungstechnik und befähigt zur Beschreibung und Untersuchung linearer Systeme und zum Entwurf einfacher und mehrschleifiger Regler im Frequenzbereich. Die Inhalte der Vorlesung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik</li> <li>• Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild</li> <li>• Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang</li> <li>• Auslegung einschleifiger Regelkreise</li> <li>• Erweiterte Regelkreisstrukturen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern.</li> <li>• Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren.</li> <li>• das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben.</li> <li>• eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen.</li> <li>• aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln.</li> <li>• zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben.</li> <li>• den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern.</li> <li>• Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen.</li> <li>• die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen.</li> <li>• entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind.</li> <li>• für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen.</li> <li>• ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen.</li> <li>• die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.</li> </ul>

7	<b>Prerequisites</b>	Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016</li> <li>• M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004</li> <li>• W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987</li> <li>• J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020</li> <li>• R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002</li> <li>• G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 97060	<b>Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)</b> Control engineering B (State-space methods)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen zur Beschreibung und Untersuchung von linearen dynamischen Systemen mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen im Zustandsraum sowie den zustandsraumbasierten Regler- und Beobachterentwurf. Die Inhalte der Vorlesung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation der Zustandsraumbetrachtung dynamischer Systeme in der Regelungstechnik</li> <li>• Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme und deren Vereinfachung durch Linearisierung</li> <li>• Analyse linearer und zeitinvarianter Systeme: Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zusammenhang mit Ein-/Ausgangsbetrachtung</li> <li>• Auslegung von linearen Zustandsreglern für lineare Eingrößensysteme</li> <li>• Erweiterte Regelkreisstrukturen, insbesondere Vorsteuerung und Störgrößenkompensation</li> <li>• Entwurf von Zustands- und Störgrößenbeobachtern und Kombination mit Zustandsreglern (Separationsprinzip)</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Vorzüge der Zustandsraumbetrachtung im Vergleich zur Ein-/Ausgangsbetrachtung darlegen.</li> <li>• für dynamische Systeme die Zustandsgleichungen aufstellen und durch Linearisierung vereinfachen.</li> <li>• für LZI-Systeme die Zustandsgleichungen in Normalformen transformieren.</li> <li>• Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit von Zustandssystemen definieren und LZI-Systeme daraufhin untersuchen.</li> <li>• ausführen, wie diese Eigenschaften mit den Eigenwerten und Nullstellen von LZI-Zustandssystemen zusammenhängen.</li> <li>• den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Zustandsregelung angeben und die Zweckbestimmung ihrer einzelnen Komponenten erläutern.</li> <li>• realisierbare Vorsteuerungen zur Einstellung des Sollverhaltens entwerfen.</li> <li>• Zielstellung und Aufbau eines Zustandsbeobachters erläutern.</li> <li>• diesen zu einem Störbeobachter erweitern und Störaufschaltungen zur Kompensation von Dauerstörungen konzipieren.</li> <li>• beobachterbasierte Zustandsregelungen durch Eigenwertvorgabe entwerfen.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich die Zustandsraummethoden der Regelungstechnik selbständig weiter erschließen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vektor- und Matrizenrechnung sowie Grundlagen der Regelungstechnik (klassische Frequenzbereichsmethoden; kann auch parallel gehört werden, siehe Regelungstechnik A)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C.T. Chen. Control System Design, Pond Woods Press, 1987</li> <li>O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung. 8. Auflage, Hüthig, 1994</li> <li>H. Geering. Regelungstechnik, 6. Auflage, Springer, 2004</li> <li>T. Kailath. Linear Systems, Prentice Hall, 1980</li> <li>G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1, Springer, 1995</li> <li>D.G. Luenberger. Introduction to Dynamic Systems, John Wiley &amp; Sons, 1979</li> <li>J. Lunze. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, Springer, 2020</li> <li>J. Lunze. Regelungstechnik 2, 10. Auflage, Springer, 2020</li> <li>L. Padulo, M.A. Arbib. System Theory, W.B. Saunders Company, 1974</li> <li>W.J. Rugh. Linear System Theory 2, Prentice Hall, 1996</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 92580	<b>Grundlagen der Elektrotechnik III</b> Foundations of electrical engineering III	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfang und Bedeutung der elektrischen Messtechnik</li> <li>• Die Grundlagen des Messens</li> <li>• Fourier-Transformation</li> <li>• Laplace-Transformation</li> <li>• Netzwerkanalyse im Zeit- und Laplace-Bereich</li> <li>• Übertragungsfunktion und Bode-Diagramm</li> <li>• Nichtlineare Bauelemente, Schaltungen und Systeme</li> <li>• Operationsverstärker</li> <li>• Messverstärker</li> <li>• Messfehler</li> <li>• Messung von Gleichstrom und Gleichspannung</li> <li>• Ausschlagbrücken</li> <li>• Abgleichbrücken, Messung von elektrischen Impedanzen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen die behandelten Verfahren gemäß ihrer Eignung für spezifische Probleme (Zeit-/Frequenzbereich, Linear/ Nichtlinear) ein.</li> <li>• wählen geeignete Verfahren zur Analyse elektrischer Netzwerke aus und wenden diese an.</li> <li>• interpretieren die Ergebnisse und zeigen Zusammenhänge zwischen den Lösungsverfahren auf.</li> <li>• kennen einfache Grundschaltungen mit Operationsverstärkern und sind in der Lage, diese zu analysieren.</li> <li>• kennen die behandelten Messschaltungen und ihre Einsatzmöglichkeiten.</li> <li>• analysieren Brückenschaltungen.</li> <li>• wenden grundlegende Konzepte der Messfehlerrechnung auf Messschaltungen an.</li> <li>• reflektieren selbstständig den eigenen Lernprozess und nutzen die Präsenzzeit zur Klärung der erkannten Defizite.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Lehrbuch: Elektrische Messtechnik", R. Lerch, 7. Aufl. 2016, Springer-Verlag  Übungsbuch: Elektrische Messtechnik Übungen", R. Lerch, M. Kaltenbacher, F. Lindinger, A. Sutor, 2. Aufl. 2005, Springer-Verlag

1	<b>Module name</b> 92345	<b>Human-centered mechatronics and robotics</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Human-centered mechatronics and robotics (2 SWS) Übung: Human-centered mechatronics and robotics (UE) (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Human-oriented design methods</li> <li>• Biomechanics</li> </ul> <p>Motions, measurement, and analysis Biomechanical models</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Elastic actuators</li> <li>◦ Control methods Cognitive and physical human-robot interaction Empirical research methods</li> <li>◦ Research process and experiment design</li> <li>◦ Research methods, interferences, and ethics System integration and fault treatment The exercise will combine simulation sessions and a flip-the-classroom seminar where student groups present recent research papers and discuss them with all attendees.</li> </ul> </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>On successful completion of this module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tackle the interdisciplinary challenges of human-centered robot design.</li> <li>• Use engineering methods for modeling, design, and control to develop human-centered robots.</li> <li>• Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results.</li> <li>• Develop robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ott, C. (2008). Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots. Springer.</li> <li>• Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann.</li> <li>• Burdet, E., Franklin, D. W., &amp; Milner, T. E. (2013). Human robotics: neuromechanics and motor control. MIT press.</li> <li>• Gravetter, F. J., &amp; Forzano, L. A. B. (2018). Research methods for the behavioral sciences. Cengage Learning.</li> <li>• Further topic-specific text books and selected research articles.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92347	<b>Mechatronic components and systems (MCS)</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut) (SWS)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	
5	<b>Contents</b>	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensors for measuring mechanical quantities</li> <li>• Control and information processing</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of this module, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing.</li> <li>• Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren.</li> <li>• Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design.</li> <li>• Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system.</li> <li>• Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.</li> <li>• Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer.</li> <li>• Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 94961	<b>Schätzverfahren in der Regelungstechnik</b> Modeling in control engineering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Schätzverfahren in der Regelungstechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Thomas Moor	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Thomas Moor	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überbestimmte lineare Gleichungssysteme zur Parameter- und Zustandsschätzung</li> <li>• Least Squares Schätzer via quadratischer Ergänzung</li> <li>• Least Squares Schätzer via Projektionssatz</li> <li>• Linear Least Mean Squares Schätzer stochastischer Größen</li> <li>• Kalman-Filter</li> <li>• Extended Kalman-Filter</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen, ob und wie eine regelungstechnische Problemstellung in dem vorgestellten Rahmen der Schätzverfahren formuliert und gelöst werden kann</li> <li>• erläutern die herangezogenen mathematischen Grundlagen, insbesondere aus der linearen Algebra</li> <li>• können die vermittelten Ansätze im Kontext von einfachen Beispielen anwenden und die jeweils erzielten Ergebnisse kritisch bewerten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Grundlagen der Analysis und Algebra, wie sie z.B. in den Veranstaltungen "Mathematik für Ingenieure" angeboten werden; Grundlagen der Regelungstechnik, z.B. durch Belegung der Module:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnik A (Grundlagen)</li> <li>• Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Kailath et al.; Linear Estimation, Prentice Hall, 2000.	

1	<b>Module name</b> 92529	<b>Nonlinear Control Systems</b> Nonlinear control systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Nonlinear Control Systems (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	
5	<b>Contents</b>	<p>Many control problems are nonlinear by nature. Classical control methods are based on linear approximations or a linearization of these systems in the neighborhood of setpoints to be controlled. In contrast to linear control theory, this module focuses on advanced nonlinear methods for the analysis and control of nonlinear systems by exploiting structural properties. In summary, the course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examples of nonlinear physical systems and nonlinear phenomena</li> <li>• Introduction to computer algebra software</li> <li>• Analysis of nonlinear systems</li> <li>• Stability of nonlinear systems (Lyapunov stability)</li> <li>• Lyapunov-based control design (Backstepping)</li> <li>• Reachability/controllability and observability of nonlinear systems</li> <li>• Exact linearization via feedback</li> <li>• Differential flatness of nonlinear systems</li> <li>• Flatness-based feedforward and feedback control of nonlinear systems</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After successful completion of the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe and analyze nonlinear systems</li> <li>• determine the input/output behavior of nonlinear systems</li> <li>• design nonlinear state feedback controllers via exact input-output and input-state linearization</li> <li>• apply the concept of differential flatness for the feedforward feedback control of nonlinear systems</li> <li>• use computer algebra software for the analysis and control design of nonlinear systems</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Basic knowledge of advanced mathematics Linear control theory (state space methods), e.g. "Regelungstechnik B"	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	



15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H.K. Khalil. Nonlinear Systems, Prentice Hall, 2002</li> <li>• S. Sastry. Nonlinear Systems, Springer, 1999</li> <li>• A. Isidori. Nonlinear Control Systems, Springer, 3. Auflage, 1995</li> <li>• J. Adamy. Nichtlineare Regelungen, Springer, 2009</li> <li>• J.-J. Slotine, W. Li. Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991</li> <li>• M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis, Prentice Hall, 2. Auflage, 1993</li> <li>• M. Krstic, I. Kanellakopoulos, P. Kokotovic. Nonlinear and Adaptive Control Design, John Wiley &amp; Sons, 1995</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92528	<b>Numerical Optimization and Model Predictive Control</b> Numerical optimization and model predictive control	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Numerical Optimization and Model Predictive Control (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	
5	<b>Contents</b>	<p>Many problems in economy and industry require an optimal solution under consideration of specific criteria and constraints. From a mathematical point of view, this requires the numerical solution of a parametric optimization problem or a dynamic optimization problem. The latter formulation accounts for the dynamics of the underlying process and is particularly relevant in the context of optimal control and model predictive control (MPC).</p> <p>In summary, the course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to and examples of static and dynamic optimization problems</li> <li>• Unconstrained numerical optimization (optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Constrained numerical optimization (linear/quadratic/nonlinear problems, optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Dynamical optimization / optimal control problems (calculus of variations, optimality conditions, PMP, numerical methods)</li> <li>• Nonlinear model predictive control (formulations, stability, real-time solution)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After successful completion of the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate the problem classes of parametric and dynamic optimization</li> <li>• formulate and analyze practical optimization problems</li> <li>• derive and solve the optimality conditions for unconstrained and constrained optimization problems using state-of-the-art software tools</li> <li>• classify the different formulations and stability criteria for nonlinear model predictive control</li> <li>• design a model predictive controller for a given control task and analyze the performance and stability properties in closed loop</li> <li>• realize and implement a real-time MPC for highly dynamical nonlinear systems with sampling times in the (sub)millisecond range using modern state-of-the-art (N)MPC software</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Basic knowledge of advanced mathematics (especially linear algebra) Basic knowledge of dynamical systems in time domain description (e.g. Regelungstechnik B)</p>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 6	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	

		Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>S. Boyd, L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004</p> <p>J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. New York: Springer, 2006</p> <p>M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. Berlin: Springer, 2012</p> <p>C.T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. Society for Industrial und Applied Mathematics (SIAM), 1999</p> <p>D.P. Bertsekas. Nonlinear Programming. Belmont. Athena Scientific, 1999</p> <p>E. Camacho, C. Alba. Model Predictive Control. 2. Auflage, Springer, 2004</p> <p>L. Grüne, J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms, Springer, 2011</p>

1	<b>Module name</b> 92519	<b>Robotics 1</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Robotics 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Andreas Völz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	<b>Contents</b>	This lecture introduces the fundamentals of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modeling: coordinate systems and transformations, parameterization of rotation matrices, forward and inverse kinematics, Jacobians and singularities</li> <li>• Trajectory planning: polynomial and trapezoidal trajectories, trajectories with intermediate points, trajectories in task space</li> <li>• Linear control: actuator dynamics, decentralized motion control, basics of task space and force control</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	After successful completion of the module, students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematically describe and analyze the kinematics of robotic manipulators.</li> <li>• plan trajectories for robot motions.</li> <li>• design and implement linear methods for robot motion and force control.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basis knowledge of advanced mathematics</li> <li>• Basic knowledge of control theory</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>• B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> <li>• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92535	<b>Robotics 2</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	<b>Contents</b>	This lecture introduces advanced methods of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamics: Euler-Lagrange formulation, recursive Newton-Euler algorithm, extensions of the dynamical model</li> <li>• Nonlinear control: Lyapunov stability, gravity compensation, inverse dynamics, adaptive control, task space control</li> <li>• Motion planning: Time-optimal trajectory generation, collision checking, configuration space, local path planning, global path planning</li> <li>• Mobile robots: Basics of control and planning</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive the dynamical model of a robotic manipulator</li> <li>• design and implement nonlinear methods for robot motion and force control</li> <li>• plan collision-free motions for robots in known environments</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of advanced mathematics</li> <li>• Basics of control theory</li> <li>• Basics of robotics</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>• B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> <li>• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li> </ul>

- S. LaValle: Planning algorithms, Cambridge University Press, 2006.

1	<b>Module name</b> 92359	<b>Robot mechanisms and user interfaces</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Mehmet Ege Cansev
5	<b>Contents</b>	Mechanical components, short overview/repetition of machine elements, Robot mechanisms, Kinematic parameters and calculations, Evaluation metrics and design methods, Redundant mechanisms and actuation, Human-robot interfaces, Intend detection (sensing) and haptic stimulation (actuators), Interface system design and evaluation, Mechanical and cognitive user models A flip-the-classroom seminar with student presentations and discussion is part of the lecture. The laboratory exercise will be a mini design project in which student groups create their own low-budget haptic human-machine interfaces.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of this module, students will be able to: Understand robot mechanisms and apply kinematic calculations for their design and control, Exploit redundancy in kinematic chains and actuation systems, Know components of human-machine interfaces and be able to design such systematically, Know approaches to model human characteristics and behavior for human-machine interface design.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.  Lenarcic, J., Bajd, T., & Stanisic, M. M. (2013). Robot mechanisms. Springer.  Hatzfeld, C., & Kern, T. A. (2016). Engineering haptic devices. Springer.

Selected research articles.



1	<b>Module name</b> 92670	<b>Sensorik</b> Sensor technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Sensorik</li> <li>• Wandlerprinzipien</li> <li>• Sensor-Parameter</li> <li>• Sensor-Technologien</li> <li>• Messung mechanischer Größen</li> <li>• Chemo- und Biosensoren</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder</li> <li>• klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte</li> <li>• beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren</li> <li>• kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser</li> <li>• beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen</li> <li>• analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen</li> <li>• zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german

16	<b>Bibliography</b>	<p>Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg</p> <p>Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden</p> <p>Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer</p>
----	---------------------	--

# Electrical engineering and drives

1	<b>Module name</b> 96540	<b>Elektrische Antriebstechnik I</b> Electrical drives I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektrische Antriebstechnik I (2 SWS) Übung: Übungen zu Elektrische Antriebstechnik I (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn Marco Eckstein	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn	
5	<b>Contents</b>	<p>*1. Einleitung*</p> <p>Generelle Aspekte Folgerungen für die Vorlesung Elektrische Antriebstechnik Blockschaltbild eines Drehstromantriebssystems</p> <p>*2. Grundlagen*</p> <p>2.1 Motor und Lastmaschine 2.2 Übersicht der elektrischen Antriebe</p> <p>*3. Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen*</p> <p>*4. Übersicht Drehstromantriebe*</p> <p>*5. Stromrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis (Drehstrom)*</p> <p>5.1 Variable Zwischenkreisspannung und blockförmige Motorspannung 5.2 Konstante Zwischenkreisspannung und sinusförmiger Motorstrom 5.3 Konstante Zwischenkreisspannung und blockförmiger Motorstrom</p> <p>*6. Netzgeführte Stromrichter*</p> <p>6.1 Netzgeführte Stromrichter für Gleichstromantriebe 6.2 Netzgeführte Stromrichter für Drehstromantriebe 6.2.1 Stromrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis 6.2.2 Direktumrichter</p> <p>*7. Andere Topologien*</p> <p>7.1 Matrixumrichter 7.2 Doppeltgespeiste Asynchronmaschine</p> <p>*8. Digitale Regelung und Steuerung (Hardware)*</p> <p>8.1 Blockschaltbild 8.2 Microcontroller 8.3 PLD, FPGA, ASIC 8.4 Zeitscheiben und Interrupt 8.5 Abtastung</p> <p>*9. Drehzahl- und Positionsgeber*</p> <p>9.1 Analogtacho 9.2 Impulsgeber 9.3 Resolver</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Ziel:*</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die Baugruppen antriebstechnischer Systeme von der Mechanik über die Motoren und leistungselektronischer Stellglieder zu benennen und ihren Wirkzusammenhang zu beschreiben. Sie analysieren und berechnen Teilprobleme antriebstechnischer Systeme und erstellen abhängig von vorgegebenen Rahmenbedingungen das Gesamtsystem.</p> <p>*Lernziele:*</p>	

		<p>*Mechanik:* Die Studierenden erkennen antriebstechnische Systeme und zerlegen sie in Arbeits- und Lastmaschine. Sie analysieren antriebstechnische Probleme und erhalten Parameter anhand derer sie Beschleunigungsvorgänge und Drehmomentbelastung der elektrischen Maschinen überprüfen.</p> <p>*Stromrichter für Gleichstromantriebe an Gleichstromquellen:*</p> <p>Die Studierenden analysieren verschiedene Topologien von Gleichstromstellern für Antriebe mit Gleichstrommaschine und leiten die Kennlinien für kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betrieb ab. Sie zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte und berechnen deren Parameter.</p> <p>*Stromrichter mit Gleichspannungs-ZK:*</p> <p>Die Studierenden beurteilen den Stellenwert selbstgeführter Stromrichter in Kombination mit Drehfeldmaschinen im Vergleich zu Gleichstromantrieben. Die Studierenden unterscheiden den Einsatzbereich von Raumzeigermodulation, Trägerverfahren, synchronen und optimierten Pulsmustern und konzipieren den geeigneten Modulator in Abhängigkeit der Antriebsaufgabe. Sie berechnen und zeichnen die Pulsmuster für verschiedene Betriebspunkte.</p> <p>*Netzgeführte Stromrichter:*</p> <p>Die Studierenden beschreiben Aufbau und Funktionsweise der Diode und des Thyristors. Sie fertigen Schaltbilder verschiedener Stromrichter an und untersuchen und bewerten die Stromüberschwingungen mit denen sie das Versorgungsnetz belasten. Sie zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe stationärer Betriebspunkte und berechnen deren Parameter. Die Studierenden wenden die gelernte Vorgehensweise beim Konzipieren komplexer Stromrichter (Stromrichtermotor, Direktumrichter) an.</p> <p>*Weitere Topologien:*</p> <p>Die Studierenden zeichnen Schaltbilder und erläutern die Funktionsweise von seltenen Topologien selbstgeführter Stromrichter. Die Studierenden beurteilen das Prinzip und die Funktionsweise der untersynchronen Stromrichtererkaskade.</p> <p>*Digitale Regelung:*</p> <p>Die Studierenden identifizieren die Baugruppen der Regelung in Abbildungen der gegenständlichen Hardware. Sie erstellen Blockschaltbilder für die Signalwege der digitalen Regelung und wählen hierfür abhängig von der antriebstechnischen Aufgabenstellung die geeigneten Bauteile und Baugruppen (Microcontroller, DSP, programmierbare Logik), deren Eigenschaften und jeweiligen Vorzüge sie gegeneinander abwägen.</p> <p>*Drehzahl- und Positionsgeber:*</p> <p>Die Studierenden erstellen Schaltbilder für Signalwege verschiedener Geber abhängig von der Antriebsaufgabe. Sie erklären den Signalweg und berechnen das Signal für einfache Beispiele.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorlesung und Übung Leistungselektronik wird sehr empfohlen!
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Skript

1	<b>Module name</b> 96120	<b>Elektrische Antriebstechnik II</b> Electrical drives II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Ingo Hahn
5	<b>Contents</b>	<p>[*Elektrische Antriebstechnik II*]  *Regelung drehzahlveränderbarer Antriebe (Übersicht)*  *Regelung der Gleichstrommaschine*  *U/f-Steuerung von Drehstromantrieben*  *Regelung von Drehstromantrieben:* Feldorientierte Regelung mit Geber:  Asynchronmaschine, Permanent erregte Synchronmaschine mit Sinusstrom, Elektrisch erregte Synchronmaschine; Direktumrichter; Stromrichter motor; Asynchronmaschine mit Phasenfolgelöschung; Permanent erregte Synchronmaschine mit Blockstrom  *Vergleich der Eigenschaften von Antrieben mit Pulsumrichter und Asynchronmaschine und elektr./perm. erregter Synchronmaschine  Digitale Feldbusse:* Einleitung, Grundlegende Eigenschaften, Beispiele  [*Electrical Drives (Part II)*]  *Control of speed-adjustable drives (overview)*  *Closed-loop control for DC-drives*  *V/f-control for three-phase AC-drives*  *Closed-loop control for three-phase AC-drives:* field-orientated closed-loop control with sensor: Asynchronous machine, Permanent-magnet synchronous machine with sinusoidal current, Synchronous machine with electrical excitation; Cyclo-converter; Converter motor; Asynchronous machine with phase-sequence commutation; Permanent-magnet synchronous machine with square wave current  *Comparison of inverter-fed drives with asynchronous machine, synchronous machine with electrical and permanent magnet excitation  Digital field busses:* Introduction, Basic features, Examples</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Ziel*  Die Studierenden entwerfen und berechnen die klassischen Strukturen der Regelung von Gleichstrom- und Drehfeldantrieben, mit besonderem Gewicht auf der Feldorientierten Regelung.  *Lernziele:*  *Regelung der Gleichstrommaschine:* Die Studierenden erstellen das Blockschaltbild der klassischen Kaskadenregelung der Gleichstrommaschine und wählen geeignete Übertragungsfunktionen für den Strom-, Drehzahl und Lageregelkreis.  *Feldorientierte Regelung mit Geber:* Die Studierenden erläutern das Prinzip der feldorientierten Regelung im Vergleich mit der Regelung der Gleichstrommaschine und nennen die Schritte beim Erstellen der Regelungsstruktur. Die Studierenden leiten aus den allgemeinen Modellgleichungen der Maschine mit Hilfe von Raumzeigertransformation und Koordinatentransformation die</p>

		<p>Ständer- und Läufergleichungen für ein beliebiges Koordinatensystem ab. Die Studierenden wählen abhängig vom Maschinentyp (Asynchronmaschine, permanenterregte und elektrisch erregte Synchronmaschine) ein Koordinatensystem in dem Fluss und Drehmoment voneinander entkoppelt beeinflussbar sind und erstellen das Blockschaltbild für die Feldorientierte Regelung inklusive der Fluss-Modelle.</p> <p><b>*Lagegeberlose Regelung:*</b> Die Studierenden nennen die wichtigsten Verfahren der lagegeberlosen Regelung und leiten diese aus den Modellgleichungen der Maschinen ab. Sie erstellen das Blockschaltbild einer testsignalbasierten geberlosen Regelung. Sie unterscheiden die Einsatzbereiche und Grenzen der vorgestellten lagegeberlosen Verfahren.</p> <p><b>*Direct Torque Control:*</b> Die Studierenden erstellen das Blockschaltbild der Direct Torque Control und leiten die Modellgleichungen für die Gewinnung des Drehmoment- und Flusssignals aus den allgemeinen Modellgleichungen der Maschine ab. Die Studierenden zeichnen die Ortskurve des Statorflusses in der Raumzeigerebene für typische Betriebspunkte.</p> <p><b>*Digitale Feldbusse:*</b> Die Studierenden nennen die Struktur und Vorteile der Feldbustechnik im Vergleich zu früheren Automatisierungsstrukturen. Die Studierenden unterscheiden die Merkmale von aktiver und passiver Kopplung, verschiedener Bus-Zugriffsverfahren, Maßnahmen zur Datensicherheit, Möglichkeiten der physikalischen Übertragung und Schnittstellen. Die Studierenden nennen und erläutern die Schichten des OSI-Schichten-Referenzmodells. Sie berechnen Prüfsummen.</p> <p>Knowledge and understanding about the closed-loop control of DC-drives, the principle of the field-orientated closed-loop control for three-phase AC drives with examples and additional closed-loop controls for three-phase AC drives, basic knowledge about digital field busses</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Skript



script accompanying the lecture

1	<b>Module name</b> 92560	<b>Grundlagen der Elektrotechnik I</b> Foundations of electrical engineering I	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernd Witzigmann	
5	<b>Contents</b>	<p>Diese Vorlesung bietet einen Einstieg in die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik. Ausgehend von beobachtbaren Kraftwirkungen zwischen Ladungen und zwischen Strömen wird der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes eingeführt. Mit den daraus abgeleiteten integralen Größen Spannung, Strom, Widerstand, Kapazität und Induktivität wird das Verhalten der passiven Bauelemente diskutiert. Am Beispiel der Gleichstromschaltungen werden die Methoden der Netzwerkanalyse eingeführt und Fragen nach Wirkungsgrad und Zusammenschaltung von Quellen untersucht. Einen Schwerpunkt bildet das Faradaysche Induktionsgesetz und seine Anwendungen. Die Bewegungsinduktion wird im Zusammenhang mit den Drehstromgeneratoren betrachtet, die Ruheinduktion wird sehr ausführlich am Beispiel der Übertrager und Transformatoren diskutiert. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Behandlung zeitlich periodischer Vorgänge. Die komplexe Wechselstromrechnung bei sinusförmigen Strom- und Spannungsformen wird ausführlich behandelt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Physikalische Grundbegriffe</li> <li>2. Das elektrostatische Feld</li> <li>3. Das stationäre elektrische Strömungsfeld</li> <li>4. Einfache elektrische Netzwerke</li> <li>5. Das stationäre Magnetfeld</li> <li>6. Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld</li> <li>7. Wechselspannung und Wechselstrom</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Begriff des Feldes zu verstehen,</li> <li>• Gleich- und Wechselstromschaltungen mit Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren zu entwickeln,</li> <li>• Schwingkreise und Resonanzerscheinungen zu analysieren,</li> <li>• Energie- und Leistungsberechnungen durchzuführen,</li> <li>• Schaltungen zur Leistungsanpassung und zur Blindstromkompensation zu bewerten,</li> <li>• das Drehstromsystem zu verstehen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Albach, Elektrotechnik, Pearson Verlag</li> <li>• Manfred Albach: Grundlagen der Elektrotechnik I und II, Pearson-Verlag</li> <li>• Übungsaufgaben mit Lösungen auf der Homepage</li> <li>• Optional: Übungsbuch, Pearson-Verlag</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92570	<b>Grundlagen der Elektrotechnik II</b> Foundations of electrical engineering II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: GET II Ü, Gruppe B ( MT) (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Elektrotechnik II (2 SWS) Tutorium: GET II Tut (2 SWS)	- 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Christoph Kammel Konstantin Root Michael Ehrngruber Tim Pfahler Dr.-Ing. Ingrid Ullmann Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	
5	<b>Contents</b>	<p>Diese Veranstaltung stellt den zweiten Teil einer 3-semestrigen Lehrveranstaltung über Grundlagen der Elektrotechnik für Studierende der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik im Grundstudium dar. Inhalt ist die Analyse elektrischer Grundschaltungen und Netzwerke aus konzentrierten Bauelementen bei sinus- und nichtsinusförmiger harmonischer Erregung.</p> <p>Nach kurzer Einführung in die komplexe Wechselstromrechnung und den Umgang mit elementaren elektrischen Bauelementen werden zunächst Spannungs- und Stromquellen und ihre Zusammenschaltung mit einer Last sowie die Leistungsübertragung von der Quelle zur Last betrachtet. Nach Herleitung und beispielhafter Anwendung von Methoden und Sätzen zur Berechnung und Vereinfachung elektrischer Schaltungen (Überlagerungssatz, Reziprozitätstheorem, äquivalente Schaltungen, Miller-Theorem etc.) werden zunächst 2-polige Netzwerke analysiert und in einem weiteren Kapitel dann allgemeine Verfahren zur Netzwerkanalyse wie das Maschenstromverfahren und das Knotenpotenzialverfahren behandelt.</p> <p>Die Berechnung der verallgemeinerten Eigenschaften von Zweipolfunktionen bei komplexen Frequenzen führt im verlustlosen Fall zur schnellen Vorhersagbarkeit des Frequenzverhaltens und zu elementaren Verfahren der Schaltungssynthese.</p> <p>Der nachfolgende Teil über mehrpolige Netzwerke konzentriert sich nach der Behandlung von allgemeinen Mehrtoren auf 2-Tore und ihr Verhalten, ihre verschiedenen Möglichkeiten der Zusammenschaltung und die zweckmäßige Beschreibung in verschiedenen Matrixdarstellungen (Impedanz-, Admittanz-, Ketten-, Hybridmatrix). Das Übertragungsverhalten von einfachen und verketteten Zweitoren wird am Beispiel gängiger Filterarten durchgesprochen und das Bode-Diagramm zur schnellen Übersichtsdarstellung eingeführt.</p> <p>Nach allgemeiner Einführung der Fourierreihenentwicklung periodischer Signale wird die Darstellung von nicht sinusförmigen periodischen Erregungen von Netzwerken mittels reeller und komplexer Fourierreihen</p>	

		und die stationäre Reaktion der Netzwerke auf diese Erregung behandelt. Als mögliche Ursache für nichtsinusförmige Ströme und Spannungen in Netzwerken werden nichtlineare Zweipole mit ihren Kennlinienformen vorgestellt und auf die Berechnung des erzeugten Oberwellenspektrums eingegangen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Umformung, Analyse und Synthese von einfachen und umfangreicheren Netzwerken bei sinus- und nichtsinusförmiger Erregung in komplexer Darstellung.</li> <li>• können die im Inhalt beschriebenen Verfahren und Methoden der Netzwerkanalyse erklären und auf Schaltungsbeispiele anwenden.</li> <li>• können Verfahren der Netzwerkanalyse hinsichtlich des Rechenaufwandes beurteilen und vergleichen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik 1</li> <li>• Mathematik I</li> <li>• Mathematik II (begleitend)</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Elektrotechnik, Albach, M., 2011.  Grundlagen der Elektrotechnik - Netzwerke, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2013.  (bisher: Grundlagen der Elektrotechnik 3, Schmidt, L.-P., Schaller, G., Martius, S., 2006.

1	<b>Module name</b> 92542	<b>Grundlagen der elektrischen Energieversorgung</b> Fundamentals of electrical energy supply	<b>4 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	
5	<b>Contents</b>	<p>Ausgehend von der Bedeutung und den Eigenschaften der elektrischen Energie wird der Aufbau von Energieversorgungssystemen beschrieben und die wichtigsten Systemelemente im Überblick vorgestellt. Die Grundlagen der Wechselstromtechnik werden erarbeitet und die gebräuchlichen Koordinatentransformationen für Dreiphasensysteme und ihre wechselseitigen Zusammenhänge behandelt. Mit ihrer Hilfe werden die Hauptelemente symmetrischer Drehstromnetzwerke transformiert und die Modellierung und Berechnung von Drehstromnetzen im symmetrischen und unsymmetrischen Betrieb vorgestellt. Ausführlich folgen die Leistungsverhältnisse in Elektroenergiesystemen als Grundlage für deren Auslegung und Betrieb, einschließlich nichtkosinusförmiger periodischer Dreiphasensysteme. Den Abschluß bilden Fragen der wirtschaftlichen elektrischen Energieversorgung.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können grundlegende und praxisnahe Herausforderungen der elektrischen Energieversorgung einschätzen und die Zusammenhänge über die technischen Grundlagen und Begrifflichkeiten erläutern.</p> <p>Sie bauen auf ihren Vorkenntnissen (aus Grundlagen der Elektrotechnik) auf und können die Berechnungsgrundlagen für die elektrische Energieversorgung anwenden. Sie sind in der Lage, die notwendigen physikalischen Grundlagen, mathematischen Verfahren und Werkzeuge anhand von praxisnahen Beispielen darzustellen und anzuwenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergang vom Wechselstrom- zum Drehstromsystem mit Berechnung der verschiedenen Leistungsarten in ein- und dreiphasigen Systemen</li> <li>• Betriebsmöglichkeiten hybrider Systeme</li> <li>• Vier- und Achtpoltheorie sowie unterschiedlicher Modaltransformationen, um symmetrische und unsymmetrische Betriebszustände in Drehstromsystemen zu analysieren</li> <li>• Berechnungsverfahren zur Kenngrößenbestimmung von Leitungen</li> </ul> <p>Weiterhin können die Studierenden Grundkenntnisse und Berechnungsverfahren für alle relevanten Betriebsmittel und Komponenten der elektrischen Energieversorgung anwenden. Sie können die Grundzüge der elektrischen Energiewirtschaft und Netzbetriebsführung erklären und die wirtschaftlichen und operativen Prozesse in der Elektrischen Energieversorgung einordnen. Damit sind</p>	

		sie in der Lage, ihr Wissen in weiterführenden energietechnischen Vorlesungen auszubauen.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript zur Vorlesung</li> <li>• Herold, Gerhard: Elektrische Energieversorgung I. Drehstromsysteme - Leistungen - Wirtschaftlichkeit. 3. Aufl. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2011 - 400 Seiten. ISBN 3-935340-69-9</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96240	<b>Hochspannungstechnik</b> High-voltage engineering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	
5	<b>Contents</b>	Es wird ein Einblick in die physikalischen und technischen Grundlagen der Hochspannungstechnik vermittelt. Darüber hinaus soll die Fähigkeit vermittelt werden, die sich aus der Spannungsbelastung der Betriebsmittel ergebende elektrische Beanspruchung der Isolierstoffe, qualitativ zu bewerten und quantitativ zu ermitteln. Hierzu werden die physikalischen Vorgänge beim Durchschlag in gasförmigen, flüssigen und festen Isolierstoffen näher betrachtet und es werden analytische und numerische Berechnungsverfahren vermittelt, mit deren Hilfe Grundlagen zur Konstruktion und Wahl der Isolierstoffe abgeleitet werden können. Abschließend werden Verfahren zur Hochspannungserzeugung und die Hochspannungsmess- und Prüftechnik vorgestellt.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die physikalischen und technischen Grundlagen der Hochspannungstechnik</li> <li>• wenden verschiedene Verfahren zur Berechnung elektrischer Felder an</li> <li>• analysieren und bewerten konstruktive Problemstellungen und die sich ergebenden Beanspruchungen</li> <li>• verstehen die Grundlagen und die physikalischen Hintergründe der elektrischen Festigkeit verschiedener Isolierstoffe</li> <li>• entwickeln mit diesen Erkenntnissen und dem Wissen um die physikalischen Vorgänge bei einem Durchschlag in unterschiedlichen Isoliermedien neue konstruktive und materialtechnische Lösungen</li> <li>• analysieren die Ursachen von Überspannungen in Hochspannungsanlagen</li> <li>• unterscheiden Verfahren zur Hochspannungserzeugung</li> <li>• verstehen die grundlegenden Verfahren der Hochspannungsprüftechnik</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrotechnik</li> <li>• Grundlagen der elektrischen Energieversorgung</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	



13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript zur vorelsung</li> <li>• Küchler, Andreas: Hochspannungstechnik: Grundlagen - Technologie - Anwendungen, 4. Auflage, Springer Vieweg, 2017</li> <li>• Hilgarth, Günther: Hochspannungstechnik mit 46 Beispielen, 2. überarb. und erw. Aufl., Teubner Verlag, Stuttgart, 1992</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96511	<b>Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme</b> Operating materials and components for electrical energy supply systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	
5	<b>Contents</b>	<p>"Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme" beschäftigt sich mit den Betriebsmitteln und Komponenten elektrischer Energiesysteme.</p> <p>Als Einleitung bekommen die Studierenden einen Überblick über die Struktur und den Aufbau der elektrischen Energieversorgung. Anschließend werden die notwendigen Berechnungsgrundlagen für die Modellierung der Komponenten erläutert.</p> <p>Im Hauptteil werden die einzelnen Betriebsmittel der elektrischen Energieversorgung vorgestellt und auf die mathematische Modellierung ihres Verhaltens eingegangen.</p> <p>Des Weiteren wird auf die Kriterien zur Dimensionierung von kompletten Anlagen, Komponenten und einzelnen Betriebsmitteln eingegangen. Abschließend werden die aktuellen Entwicklungen in der Leistungselektronik und Speichertechnik vorgestellt und erläutert.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung: Grundlagen elektrischer Energiesysteme</li> <li>2. Berechnungsgrundlagen</li> <li>3. Ersatzschaltungen und Kenndaten von Betriebsmitteln <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freileitungen</li> <li>• Kabel</li> <li>• Transformatoren</li> <li>• Generatoren</li> <li>• Lasten</li> <li>• Kompensationseinrichtungen</li> </ul> </li> <li>4. Aufbau und Komponenten von Schaltanlagen</li> <li>5. Bemessung und Auslegung von Anlagen und Betriebsmitteln</li> <li>6. Leistungselektronische Komponenten</li> <li>7. Speicher</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die charakteristischen Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme der Primär- und Sekundärtechnik (Freileitungen, Kabel, Transformatoren, Generatoren, Lasten, Kompensationsanlagen, Leistungselektronik, Speicher, Schutzgeräte und weitere),</li> <li>• kennen die Grundsätze bei Planung und Betrieb von elektrischen Anlagen,</li> <li>• verstehen den konstruktiven Aufbau und die grundlegenden Funktionen einzelner Betriebsmittel und Komponenten,</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen das Zusammenwirken von Betriebsmitteln und Komponenten in elektrischen Energiesystemen,</li> <li>• wenden die erworbenen Fähigkeiten zur elektrischen Nachbildung von Betriebsmitteln und Komponenten an,</li> <li>• wenden die erworbenen Berechnungsgrundlagen in realitätsnahen Aufgabenstellungen an,</li> <li>• wenden Bemessungsgrundlagen in Anwendungsfällen für Anlagen und Betriebsmittel an und</li> <li>• können die Problemstellungen bei der Planung und dem Betrieb von elektrischen Anlagen verstehen und die Methoden der Lösung anwenden.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der elektrischen Energieversorgung</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herold: Elektrische Energieversorgung II. Parameter elektrischer Stromkreise - Freileitungen und Kabel Transformatoren, J. Schlembach Fachverlag, 2. Auflage, 2008 und 2010.</li> <li>• Oeding, Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze Springer-Verlag, 8. Auflage, 2016.</li> <li>• Schwab, A.: Elektroenergiesysteme, Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie Springer-Verlag, 2.Auflage 2009.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96521	<b>Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme</b> Operating performance of electrical energy systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme (2 SWS) Vorlesung: Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gert Mehlmann Ilya Burlakin Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	
5	<b>Contents</b>	<p>"Betriebsverhalten elektrischer Energiesysteme" beschäftigt sich mit den Grundlagen des Betriebsverhaltens elektrischer Energiesysteme. Der Schwerpunkt liegt auf der Auslegung und dem Betrieb elektrischer Übertragungsnetze. Dabei wird sowohl auf die Transportaufgabe des Systems als auch auf die Erbringung von Systemdienstleistungen eingegangen (z.B. Frequenz- und Spannungsregelung). Zu Beginn bekommen die Studierenden einen Überblick über die Aufgaben der Systemanalyse von elektrischen Energieversorgungssystemen und es werden die notwendigen Grundlagen zur Durchführung von Netzberechnungen erläutert.</p> <p>Anschließend werden Netze im stationären Betrieb betrachtet. Hierfür wird die Methodik der Leistungsfluss- und der Kurzschlussstromberechnung erläutert. In diesem Zusammenhang wird auch auf den Einfluss der Sternpunktbehandlung und Erdung eingegangen.</p> <p>Weiterhin wird die Thematik der Systemstabilität behandelt, welche die Polradwinkel-, Spannungs- und Frequenzstabilität elektrischer Energiesysteme beinhaltet. Abschließend wird auf die Leistungs-Frequenz-Regelung und die Spannungsregelung elektrischer Energiesysteme behandelt.</p> <p>*Gliederung*:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufgaben und Grundlagen der Systemanalyse</li> <li>2. Grundlagen der Netzberechnung</li> <li>3. Stationäre Netzberechnungen</li> <li>4. Kurzschlussstromberechnung</li> <li>5. Stabilität</li> <li>6. Netzregelung und Systemführung</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die typischen Netzstrukturen elektrischer Energiesysteme,</li> <li>• kennen die Grundlagen der Netzbetriebsführung,</li> <li>• verstehen das grundsätzliche Verhalten elektrischer Energiesysteme im gestörten und ungestörten Betrieb,</li> <li>• verstehen die Ursachen und Charakteristik von lokalen und überregionalen Ausgleichsvorgängen in elektrischen Energiesystemen,</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden ingenieurwissenschaftliche Herangehensweisen zur Untersuchung realer Szenarien an,</li> <li>• analysieren die Erbringung von Systemdienstleistungen (Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Versorgungswiederaufbau und Betriebsführung) in Verbundsystemen,</li> <li>• analysieren systematisch das Systemverhalten mit Hilfe mathematischer Verfahren im stationären und dynamischen Betrieb,</li> <li>• analysieren Ursachen des Systemverhaltens anhand von Aufzeichnungen aus dem Betrieb großer Verbundsysteme und</li> <li>• analysieren Konzepte zur Verbesserung des Systemverhaltens elektrischer Energiesysteme.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der elektrischen Energieversorgung</li> <li>• Betriebsmittel und Komponenten elektrischer Energiesysteme</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oeding, Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze Springer-Verlag, 8. Auflage, 2016.</li> <li>• Schwab, A.: Elektroenergiesysteme, Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie Springer-Verlag, 2.Auflage 2009.</li> <li>• Herold: Elektrische Energieversorgung III und IV, J. Schlembach Fachverlag, 2. Auflage, 2008 und 2003</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96360	<b>Planung elektrischer Energieversorgungsnetze</b> Planning of power grids	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Johann Jäger	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul behandelt unterschiedliche Aufgabengebiete der Planung elektrischer Netze zur Energieübertragung und -verteilung. Es werden sowohl öffentliche Netze der Energieversorgungsunternehmen als auch Industrienetze betrachtet.</p> <p>Zu den Aufgaben gehört unter anderem die Erstellung von möglichst genauen Lastprognosen, die Auswahl geeigneter Netzstrukturen, Sternpunktbehandlung und die Koordination des Netzschutzes. Dazu werden sowohl die physikalischen als auch die technischen Kriterien so wie die entsprechenden Kenngrößen und Berechnungsverfahren besprochen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die unterschiedlichen Aufgabengebiete der Planung elektrischer Netze,</li> <li>• verstehen die Unterschiede zwischen öffentlichen Energieversorgungsnetzen und Industrienetzen,</li> <li>• analysieren die grundlegenden Strukturen von Netzen,</li> <li>• verstehen die Methoden der Sternpunktbehandlung,</li> <li>• verstehen die Koordination des Netzschutzes,</li> <li>• analysieren detaillierte Lastprognosen und erstellen dafür einen Einsatzplan von Erzeugungseinheiten und</li> <li>• wenden Berechnungsverfahren im Hinblick auf die Planung von elektrischen Netzen an.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der elektrischen Energieversorgung	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skriptum zur Vorlesung</li> <li>• Jäger, Johann; Romeis, Christian; Petrossian, Edmond: Duale Netzplanung: Leitfaden Zum Netzkompatiblen Anschluss Von</li> </ul>	



1	<b>Module name</b> 96630	<b>Leistungselektronik</b> Power electronics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Thomas Eberle	
5	<b>Contents</b>	<p>*Grundlagen der Topologieanalyse*: Stationaritätsbedingungen, Strom-Spannungsformen, verbotene Schalthandlungen</p> <p>*Nicht-isolierende Gleichspannungswandler*: Grundlegende Schaltungstopologien, Funktionsweise, Dimensionierung</p> <p>*Isolierende Gleichspannungswandler*: Grundlegende Schaltungstopologien, Gleichrichterschaltungen, Transformatoren als Übertrager bzw. Energiespeicher</p> <p>*Leistungshalbleiter*: Grundlagen des statischen und dynamischen Verhaltens von MOSFET, IGBT und Dioden; Spezifika von WBG-Leistungshalbleitern auf Basis von Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN); Kommutierungsarten; Kurzschluss, Avalanche</p> <p>*Passive Leistungsbaulemente*: Induktive Baulemente (weichmagnetische Kernmaterialien, nichtlineare Eigenschaften, Kernverluste, Wicklungsverluste); Kondensatoren (Technologien und deren Anwendungseigenschaften, sicherer Arbeitsbereich, Brauchbarkeitsdauer, Impedanzverhalten)</p> <p>*Parasitäre Elemente*: Niederinduktive Aufbautechniken</p> <p>*Treiber- und Ansteuerschaltungen für Leistungshalbleiter*: Grundsaltungen zur Ansteuerung MOS-gesteuerter Baulemente mit und ohne galvanische Isolation, Schaltungen zur Erhöhung von Störabstand und Treiberleistung, Ladungspumpe, Schutzbeschaltungen, PWM-Modulatoren</p> <p>*Gleichrichter und Leistungsfaktorkorrektur*: Phasenabschnittsteuerung, Netzstromverzerrungen, aktive Leistungsfaktorkorrektur, Gleichrichterschaltungen</p> <p>*Wechselrichter*: Netzgeführte Stromrichter, Zwei-/Dreipunktwechselrichter, Sinus-Dreieck- und Raumzeigermodulation</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsprinzipien leistungselektronischer Basistopologien mit und ohne galvanische Isolation erklären,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler analysieren und die für ein Systemdesign relevanten elektrischen und thermischen Parameter berechnen,</li> <li>• die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Schaltungslösungen erklären und diskutieren,</li> <li>• die Vor- und Nachteile verschiedener Bauteiltechnologien in einer leistungselektronischen Schaltung bewerten,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler entwerfen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	



9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>[1] Franz Zach: Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-04898-3</p> <p>[2] Schröder D., Marquardt R.: Leistungselektronische Schaltungen. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-662-55324-4</p> <p>[3] Joachim Specovius: Grundkurs Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-03308-8</p> <p>[4] Ulrich Schlienz: Schaltnetzteile und ihre Peripherie. Vieweg, ISBN 3-528-03935-3</p> <p>[5] Albach M.: Induktivitäten in der Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-15080-8</p> <p>[6] Tursky W., Reimann T., et al.: Applikationshandbuch Leistungshalbleiter. Semikron, ISBN 978-3-938843-56-7</p> <p>[7] Volke A., Hornkamp M.: IGBT Modules. Infineon, ISBN 978-3-00-040134-3</p> <p>[8] Kenneth L. Kaiser: Electromagnetic Compatibility Handbook. CRC Press, ISBN 0-8493-2087-9</p> <p>[9] Hofer K.: Moderne Leistungselektronik und Antriebe. VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2067-1</p>

1	<b>Module name</b> 96420	<b>Schutz- und Leittechnik</b> Protection and control technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Schutz- und Leittechnik (2 SWS) Übung: Übungen zu Schutz- und Leittechnik (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Johann Jäger Tobias Lorz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Johann Jäger
5	<b>Contents</b>	"Schutz- und Leittechnik" behandelt die Grundlagen der Schutztechnik für die elektrische Energieversorgung und Teilgebiete der Leittechnik. Schutztechnik ist ein unverzichtbarer Bestandteil der elektrischen Energieversorgung. Ohne Schutztechnik wird kein energietechnische Anlage weltweit in Betrieb genommen. Zunächst werden mögliche fehlerfreie und fehlerbehaftete Netzzustände im Hinblick auf die Verarbeitung in den Schutzgeräten analysiert und analytisch beschrieben. Anschließend werden die wichtigsten Schutzkriterien und algorithmen ohne und mit inhärenter Fehlerortselektivität besprochen und technisch bewertet. Die Schutzgerätetechnik fasst unterschiedliche Schutzkriterien zusammen und passt die Funktionalität an die vorherrschenden Netzverhältnisse an. Darauf aufbauend werden Schutzkonzepte für unterschiedliche Netzstrukturen und die Bedeutung der Koordination der Schutzgeräte untereinander aufgezeigt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Grundlagen der Schutztechnik,</li> <li>• verstehen die Grundlagen der Leittechnik,</li> <li>• verstehen die verschiedenen Methoden der Schutztechnik,</li> <li>• analysieren fehlerfreie und fehlerbehaftete Betriebszustände im System im Hinblick auf die Verarbeitung in Schutzgeräten,</li> <li>• analysieren die wichtigsten Schutzkriterien und -algorithmen und</li> <li>• kennen die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Schutztechnik.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german



1	<b>Module name</b> 96390	<b>Regenerative Energiesysteme</b> Renewable energy systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Johann Jäger
5	<b>Contents</b>	<p>Diese Veranstaltung beschäftigt sich mit der Nutzung regenerativer Primärenergiequellen zur Umwandlung in mechanische und elektrische Energie.</p> <p>Das physikalische Verständnis für die Primärenergieträger Wasser, Wind, Biomasse, direkte Sonnenenergie und Erdwärme und deren Umwandlungsprozesse in elektrische Energie stehen dabei im Vordergrund. Dazu werden auch die Möglichkeiten und Wege zur Erhöhung der Prozesswirkungsgrade so wie deren technischen Potentiale in der elektrischen Energieversorgung aufgezeigt. Weiterhin werden die Randbedingungen beim Betrieb von regenerativen Energiesystemen im elektrischen Energieversorgungsnetz besprochen.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Arten regenerativer Energiesysteme,</li> <li>• kennen die aktuellen Entwicklungen in der elektrischen Energieversorgung,</li> <li>• verstehen die physikalischen und technischen Zusammenhänge bei der Nutzung regenerativer Energiesysteme,</li> <li>• verstehen die Herausforderungen bei der Nutzung regenerativer Energiesysteme,</li> <li>• analysieren das Betriebsverhalten regenerativer Energiesysteme und</li> <li>• verstehen die Problematik der Integration regenerativer Energiesysteme in bestehende Systeme.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt.

1	<b>Module name</b> 96480	<b>Thermische Kraftwerke</b> Thermal power plants	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Thermische Kraftwerke (2 SWS) Übung: Übungen zu Thermische Kraftwerke (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Johann Jäger Timon Conrad	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Johann Jäger
5	<b>Contents</b>	<p>Es wird das gesamte Spektrum der Wärmekraftwerke sowohl regenerativer als auch fossiler und nuklearer Primärenergiequellen behandelt. Dazu gehören die thermischen Prozesse zur Energieumwandlung in einem Biomassekraftwerk ebenso wie die in einem Braunkohlekraftwerk.</p> <p>Grundlage dafür ist die technische Thermodynamik. Diese dient der Beschreibung der Umwandlungsprozesse von thermischer in mechanische Energie durch die Analyse der unterschiedlichen Erscheinungsformen von Energie und deren Verknüpfungen in Energiebilanzgleichungen. Anschließend werden die physikalischen Eigenschaften so wie die technischen und mathematischen Modelle unterschiedlicher Kraftwerksprozesse und typen besprochen. Das Verständnis zur Prozessoptimierung steht dabei im Vordergrund.</p> <p>Weiterhin werden die Grundprinzipien der Kraftwerkstechnik sowie die Regelung von Kraftwerken im Verbundnetz behandelt.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Möglichkeiten zur Nutzung von Primärenergie,</li> <li>• kennen verschiedene thermische Prozesse,</li> <li>• verstehen Kreisprozesse in technischen Anlagen,</li> <li>• verstehen die Grundlagen der Thermodynamik in Bezug auf thermische Kraftwerke,</li> <li>• verstehen die Regelung von Kraftwerken im Verbundnetz,</li> <li>• analysieren anhand mathematischer Berechnungsmethoden die Umwandlungsprozesse in thermischen Kraftwerken und</li> <li>• analysieren die Methoden der Prozessoptimierung.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german



# Information Technology

1	<b>Module name</b> 92290	<b>Kommunikationsnetze</b> Communication networks	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	<b>Contents</b>	<p>*Hierarchische Strukturen von Netzfunktionen* OSI-Schichtenmodell, Kommunikation im OSI-Modell, Datenstrukturen, Vermittlungseinrichtungen</p> <p>* Datenübertragung von Punkt zu Punkt* Signalverarbeitung in der physikalischen Schicht, synchrones und asynchrones Multiplex, Verbindungsarten</p> <p>*Zuverlässige Datenübertragung* Fehlervorwärtskorrektur, Single-Parity-Check-Code, Stop-and-Wait-ARQ, Go-back-N-ARQ, Selective-Repeat-ARQ</p> <p>*Vielfachzugriffsprotokoll* Polling, Token Bus und Token Ring, ALOHA, slotted ALOHA, Carrier-Sensing-Verfahren</p> <p>*Routing* Kommunikationsnetze als Graphen, Fluten, vollständiger Baum und Hamilton-Schleife, Dijkstra-Algorithmus, Bellman-Ford-Algorithmus, statisches Routing mit Alternativen</p> <p>*Warteraumtheorie* Modell und Definitionen, Little's Theorem, Exponentialwarteräume, Exponentialwarteräume mit mehreren Bedienstationen, Halbexponentialwarteräume</p> <p>*Systembeispiel Internet-Protokoll* Internet Protokoll (IP), Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP)</p> <p>*Multimedianeetze* Klassifikation von multimedialen Anwendungen, Codierung von Multimediadaten, Audio- und Video-Streaming, Protokolle für interaktive Echtzeit-Anwendungen (RTP, RTCP), Dienstklassen und Dienstgütegarantien</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen den hierarchischen Aufbau von digitalen Kommunikationsnetzen</li> <li>• unterscheiden grundlegende Algorithmen für zuverlässige Datenübertragung mit Rückkanal und beurteilen deren Leistungsfähigkeit</li> <li>• analysieren Protokolle für Vielfachzugriff in digitalen Kommunikationsnetzen und berechnen deren Durchsatz</li> <li>• unterscheiden Routingverfahren und berechnen optimale Vermittlungswege für beispielhafte Kommunikationsnetze</li> <li>• abstrahieren und strukturieren Warteräume in Kommunikationsnetzen und berechnen maßgebliche Kenngrößen wie Aufenthaltsdauer und Belegung</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen grundlegende Mechanismen für die verlustlose und verlustbehaftete Codierung von Mediendaten</li> <li>• kennen die maßgeblichen Standards des Internets für Sicherung, Vermittlung und Transport von digitalen Daten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Kenntnisse über Grundbegriffe der Stochastik
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	M. Bossert, M. Breitbach, "Digitale Netze", Stuttgart: Teubner-Verlag, 1999

1	<b>Module name</b> 92730	<b>Kommunikationselektronik</b> Communications electronics 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationselektronik (2 SWS) Übung: Übung zu Kommunikationselektronik (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Clemens Neumüller Dr.-Ing. Jörg Robert	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Jörg Robert	
5	<b>Contents</b>	<p>1. Einleitung</p> <p>2. Darstellung von Signalen und Spektren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche und diskrete Signale</li> <li>• Spektrum eines Signals</li> <li>• Unterabtastung und Überabtastung</li> </ul> <p>3. Aufbau und Signale eines Software Defined Radio Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blockschaltbild eines Software Defined Radio Systems</li> <li>• Basisband- und Trägersignale</li> <li>• Empfänger-Topologien</li> <li>• Signale in einem Software Defined Radio System</li> </ul> <p>4. Drahtlose Netzwerke</p> <p>5. Übertragungsstrecke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkstrecke</li> <li>• Antennen</li> </ul> <p>6. Leistungsdaten eines Empfängers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rauschen</li> <li>• Nichtlinearität</li> <li>• Dynamikbereich eines Empfängers</li> </ul> <p>7. Digital Downconverter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CIC-Filter</li> <li>• Polyphasen-FIR-Filter</li> <li>• Halbband-Filterkaskade</li> <li>• Interpolation</li> </ul> <p>8. Demodulation digital modulierter Signale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Demodulation einer GFSK/PAM-Paketsendung</li> </ul> <p>Das Modul Kommunikationselektronik behandelt Aspekte der Schaltungstechnik und der Signalverarbeitung drahtloser Übertragungssysteme, die als sog. "Software Defined Radio" Systeme aufgebaut sind. Als Beispiel dient der Empfänger eines einfachen Telemetrie-Systems, der von der Antenne bis zum Nutzdatenausgang behandelt wird. Schwerpunkte bilden der Aufbau und die Eigenschaften der Hardware des Empfängers sowie die Algorithmen zum Empfang von Telemetrie-Signalen. Dabei wird ein typisches System mit Hilfe eines miniaturisierten Empfängers und einer Verarbeitung mit dem MATLAB-kompatiblen Mathematikprogramm Octave implementiert. Die benötigte Software wird den Studierenden zur Verfügung gestellt.</p> <p><b>Content:</b></p> <p>1. Introduction</p>	

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Signal representation and discrete signals <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Continuous and discrete signals</li> <li>b. Signal spectrum</li> <li>c. Downsampling and upsampling</li> </ol> </li> <li>3. Structure and signals of a Software Defined Radio <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Block diagram of a Software Defined Radio</li> <li>b. Base band signals and carrier signals</li> <li>c. Receiver topologies</li> <li>d. Signals in a Software Defined Radio</li> </ol> </li> <li>4. Wireless networks</li> <li>5. Transmission path <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Radio link</li> <li>b. Antennas</li> </ol> </li> <li>6. Performance data of a receiver <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Noise</li> <li>b. Nonlinearities</li> <li>c. Dynamic range of a receiver</li> </ol> </li> <li>7. Digital Down Converter <ol style="list-style-type: none"> <li>a. CIC filter</li> <li>b. Polyphase FIR filter</li> <li>c. Halfband filter cascade</li> <li>d. Interpolation</li> </ol> </li> <li>8. Demodulation of digital modulated signals <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduction</li> <li>b. Demodulation of a GFSK/PAM packet transmission</li> </ol> </li> </ol> <p>The module Communication Electronics deals with aspects of circuitry and signal processing of wireless communication systems, built up as so-called "Software Defined Radio systems. A receiver of a simple telemetry system serves as an example, being examined starting from its antenna to the user data output. The focus lies on the structure and the characteristic of the receivers hardware as well as the algorithms for the reception of telemetry signals. A typical system is implemented using a miniaturized receiver and processing with the MATLAB-compatible Octave math program. The required software is provided to the students.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Studierenden verstehen die grundlegende Funktionsweise eines Software Defined Radio (SDR) Systems, d.h. sie verstehen die Funktionsweise der einzelnen Signalverarbeitungsschritte sowie die auftretenden Signale selbst.</li> <li>2. Die Studierenden analysieren die Leistungsfähigkeit der analogen Komponenten eines SDR Systems und können Verfahren zur Optimierung dieser Komponenten selbständig anwenden.</li> <li>3. Die Studierenden analysieren die digitalen Verarbeitungsschritte ausgewählter Modulationsarten und können damit selbst die digitale Signalverarbeitung eines SDR Senders und Empfängers erschaffen.</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The students will understand the basic operation of a Software Defined Radio (SDR) system, i.e. the students will understand how</li> </ol>

		<p>the individual signal processing steps work as well as the signals themselves.</p> <p>2. The students analyze the performance of the analog components of an SDR system and are able to apply procedures for optimizing these components independently.</p> <p>3. The students analyse the digital processing steps of selected modulation types and are able to create the digital signal processing of an SDR transmitter and receiver themselves.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse im Bereich digitaler Signalverarbeitung werden vorausgesetzt
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Skriptum zur Veranstaltung im StudON verfügbar: <a href="https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_117973">https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_117973</a>

1	<b>Module name</b> 93510	<b>Digitale Übertragung</b> Digital communications	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Digitalen Übertragung - Übungen (1 SWS) Vorlesung: Digitale Übertragung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Lukas Brand Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Prof. Dr.-Ing. Robert Schober Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	<b>Contents</b>	Alle modernen Kommunikationssysteme basieren auf digitalen Übertragungsverfahren. Diese Vorlesung befasst sich mit den Grundlagen der Analyse und des Entwurfs digitaler Sender und Empfänger. Dabei wird zunächst von einem einfachen Kanalmodell bei dem das Empfangssignal nur durch additives weißes Gaußsches Rauschen gestört wird ausgegangen. Im Verlauf der Vorlesung werden aber auch Kanäle mit unbekannter Phase sowie verzerrende Kanäle betrachtet. Behandelt werden unter anderem digitale Modulationsverfahren (z.B. Pulsamplitudenmodulation (PAM), digitale Frequenzmodulation (FSK), und Kontinuierliche-Phasenmodulation (CPM)), Orthogonalkonstellationen, das Nyquistkriterium in Zeit- und Frequenzbereich, optimale kohärente und inkohärente Detektions- und Decodierungsverfahren, die Signalraumdarstellung digital modulierter Signale, verschiedene Entzerrungsverfahren, und Mehrträger-Übertragungsverfahren.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren und klassifizieren digitale Modulationsverfahren hinsichtlich ihrer Leistungs- und Bandbreiteneffizienz sowie ihres Spitzenwertfaktors,</li> <li>• ermitteln notwendige Kriterien für impulsinterferenzfreie Übertragung,</li> <li>• charakterisieren digitale Modulationsverfahren im Signalraum,</li> <li>• ermitteln informationsverlustfreie Demodulationsverfahren,</li> <li>• entwerfen optimale kohärente und inkohärente Detektions- und Decodierungsverfahren,</li> <li>• vergleichen verschiedene Entzerrungsverfahren hinsichtlich deren Leistungsfähigkeit und Komplexität,</li> <li>• entwerfen einfache digitale Übertragungssysteme mit vorgeschriebenen Leistungs- und Bandbreiteneffizienzen sowie Spitzenwertfaktoren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93500	<b>Digitale Signalverarbeitung</b> Digital signal processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	<b>Contents</b>	<p>The course assumes familiarity with basic theory of discrete-time deterministic signals and linear systems and extends this by a discussion of the properties of idealized and causal, realizable systems (e.g., lowpass, Hilbert transformer) and corresponding representations in the time domain, frequency domain, and z-domain. Thereupon, design methods for recursive and nonrecursive digital filters are discussed. Recursive systems with prescribed frequency-domain properties are obtained by using design methods for Butterworth filters, Chebyshev filters, and elliptic filters borrowed from analog filter design. Impulse-invariant transform and the Prony-method are representatives of the considered designs with prescribed time-domain behaviour. For nonrecursive systems, we consider the Fourier approximation in its original and its modified form introducing a broad selection of windowing functions. Moreover, the equiripple approximation is introduced based on the Remez-exchange algorithm.</p> <p>Another section is dedicated to the Discrete Fourier Transform (DFT) and the algorithms for its fast realizations ('Fast Fourier Transform'). As related transforms we introduce cosine and sine transforms. This is followed by a section on nonparametric spectrum estimation. Multirate systems and their efficient realization as polyphase structures form the basis for describing analysis/synthesis filter banks and discussing their applications.</p> <p>The last section is dedicated to investigating effects of finite wordlength as they are unavoidable in any realization of digital signal processing systems.</p> <p>A corresponding lab course on DSP will be offered in the winter term.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren zeitdiskrete lineare zeitinvariante Systeme durch Ermittlung der beschreibenden Funktionen und Parameter</li> <li>• wenden grundlegende Verfahren zum Entwurf zeitdiskreter Systeme an und evaluieren deren Leistungsfähigkeit</li> <li>• verstehen die Unterschiede verschiedener Methoden zur Spektralanalyse und können damit vorgegebene Signale analysieren</li> <li>• verstehen die Beschreibungsmethoden von Multiraten-Systemen und wenden diese zur Beschreibung von Filterbänken an</li> <li>• kennen elementare Methoden zur Analyse von Effekten endlicher Wortlängen und wenden diese auf zeitdiskrete lineare zeitinvariante Systeme an</li> </ul> <p>The students</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze discrete-time linear time-invariant systems by determining the describing function and parameters</li> <li>• apply fundamental approaches for the design of discrete-time systems and evaluate their performance</li> <li>• understand the differences between various methods for spectral analysis and apply them to the analysis of given signals</li> <li>• understand methods to represent multirate systems and apply them for the representation of filter banks</li> <li>• know basic methods for the analysis of finite word length effects and apply them to discrete-time linear time-invariant systems.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorlesung Signale und Systeme I & II
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>*Empfohlene Literatur/ Recommended Reading:*</p> <p>*1.* J.G. Proakis, D.G. Manolakis: Digital Signal Processing. 4th edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2007.</p> <p>*2.* A.V. Oppenheim, R.V. Schafer: Digital Signal Processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1975.</p> <p>*3.* K.D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB®-Übungen . 8. Aufl. Teubner, Stuttgart, 2012</p>



1	<b>Module name</b> 96310	<b>Image and Video Compression</b> Image and video compression	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Image and Video Compression (IVC) (SWS) Übung: Übung zu Image and Video Compression (SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup Anna Meyer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	<b>Contents</b>	<p>*Multi-Dimensional Sampling* Sampling theorem revisited, 2D sampling, spatiotemporal sampling, motion in 3D sampling</p> <p>*Entropy and Lossless Coding* Entropy and information, variable length codes, Huffman coding, unary coding, Golomb coding, arithmetic coding</p> <p>*Statistical Dependency* Joint entropy and statistical dependency, run-length coding, fax compression standards</p> <p>*Quantization* Rate distortion theory, scalar quantization, Lloyd-Max quantization, entropy coded scalar quantization, embedded quantization, adaptive quantization, vector quantization</p> <p>*Predictive Coding* Lossless predictive coding, optimum 2D linear prediction, JPEG-LS lossless compression standard, differential pulse code modulation (DPCM)</p> <p>*Transform Coding* Principle of transform coding, orthonormal transforms, Karhunen-Loève transform, discrete cosine transform, bit allocation, compression artifacts</p> <p>*Subband Coding* Principle of subband coding, perfect reconstruction property, discrete wavelet transform, bit allocation for subband coding</p> <p>*Visual Perception and Color* Anatomy of the human eye, sensitivity of the human eye, color spaces, color sampling formats</p> <p>*Image Coding Standards* JPEG and JPEG2000</p> <p>*Interframe Coding* Interframe prediction, motion compensated prediction, motion estimation, motion compensated hybrid coding</p> <p>*Video Coding Standards* H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2 / H.262, H.264 / MPEG-4 AVC, H.265 / MPEG-H HEVC</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• veranschaulichen die mehrdimensionale Abtastung und den Einfluss darauf durch Bewegung im Videosignal</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden und bewerten verschiedene Verfahren zur verlustfreien Codierung von Bild- und Videodaten</li> <li>• verstehen und analysieren Verbundentropie und statistische Abhängigkeiten in Bild- und Videodaten</li> <li>• berechnen skalare und vektorielle Quantisierer nach unterschiedlichen Optimierungsvorgaben (minimaler mittlerer quadratischer Fehler, entropiecodiert, eingebetteter Quantisierer)</li> <li>• bestimmen und evaluieren optimale ein- und zwei-dimensionale lineare Prädiktoren</li> <li>• wenden Prädiktion und Quantisierung sinnvoll in einem gemeinsamen DPCM-System an</li> <li>• verstehen das Prinzip und die Effekte von Transformations- und Teilbandcodierung für Bilddaten einschließlich optimaler Bitzuteilungen</li> <li>• beschreiben die Grundzüge der menschlichen visuellen Wahrnehmung für Helligkeit und Farbe</li> <li>• analysieren Blockschalbilder und Wirkungsweisen hybrider Coder und Decoder für Videosignale</li> <li>• kennen die maßgeblichen internationalen Standards aus ITU und MPEG zur Bild- und Videokompression.</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• visualize multi-dimensional sampling and the influence of motion within the video signal</li> <li>• differentiate and evaluate different methods for lossless image and video coding</li> <li>• understand and analyze mutual entropy and statistical dependencies in image and video data</li> <li>• determine scalar and vector quantization for different optimization criteria (minimum mean square error, entropy coding, embedded quantization)</li> <li>• determine and evaluate optimal one-dimensional and two-dimensional linear predictor</li> <li>• apply prediction and quantization for a common DPCM system</li> <li>• understand the principle and effects of transform and subband coding for image data including optimal bit allocation</li> <li>• describe the principles of the human visual system for brightness and color</li> <li>• analyze block diagrams and the functioning of hybrid coders and decoders for video signals</li> <li>• know the prevailing international standards of ITU and MPEG for image and video compression.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Modul Signale und Systeme II" und das Modul Nachrichtentechnische Systeme"
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	J.-R. Ohm, "Multimedia Communications Technology", Berlin: Springer-Verlag, 2004

1	<b>Module name</b> 96312	<b>Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung</b> Image, video and multidimensional signal processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	
5	<b>Contents</b>	<p>*Punktoperationen*</p> <p>Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur</p> <p>*Binäroperationen*</p> <p>Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing</p> <p>*Farbräume*</p> <p>Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum</p> <p>*Mehrdimensionale Signale und Systeme*</p> <p>Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter</p> <p>*Interpolation von Bildsignalen*</p> <p>Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation</p> <p>*Merkmalsdetektion in Bildern*</p> <p>Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix</p> <p>*Skalierungsraumdarstellung*</p> <p>LoG, DoG, SIFT, SURF</p> <p>*Bildabgleich*</p> <p>Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC</p> <p>*Bildsegmentierung*</p> <p>Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos</p> <p>*Bildverarbeitung im Transformationsbereich*</p> <p>Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT</p> <p>*Content:*</p> <p>*Point operations*</p> <p>Histogram equalization, gamma correction</p> <p>*Binary operations*</p> <p>Morphological filters, erosion, dilation, opening, closing</p> <p>*Color spaces*</p> <p>Trichromacy, red-green-blue color spaces, color representation using hue, saturation and value of intensity</p> <p>*Multidimensional signals and systems*</p> <p>Theory of multidimensional signals and systems, impulse response, linear image filtering, power spectrum, Wiener filtering</p> <p>*Interpolation of image signals*</p> <p>Bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, spline interpolation</p> <p>*Image feature detection*</p>	

		<p>Image features, edge detection, Hough transform, Harris corner detector, texture features, co-occurrence matrix</p> <p>*Scale space representation*</p> <p>Laplacian of Gaussian, difference of Gaussian, scale invariant feature transform, speeded-up robust feature transform</p> <p>*Image matching*</p> <p>Projective transforms, block matching, optical flow, feature-based matching using SIFT and SURF, random sample consensus algorithm</p> <p>*Image segmentation*</p> <p>Amplitude thresholding, k-means clustering, Bayes classification, region-based segmentation, combined segmentation and motion estimation, temporal segmentation of video</p> <p>*Transform domain image processing*</p> <p>Unitary transform, Karhunen-Loeve transform, separable transform, Haar and Hadamard transform, DFT, DCT</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur</li> <li>• testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten</li> <li>• unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten</li> <li>• erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale</li> <li>• berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales</li> <li>• bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation</li> <li>• überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale</li> <li>• analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces</li> <li>• erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten</li> <li>• segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren</li> <li>• verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden.</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand point operations for image data and gamma correction</li> <li>• test the effects of rank order and median filters for image data</li> <li>• evaluate and differentiate between different color spaces for image data</li> <li>• explain the principle of two-dimensional linear filtering for image signals</li> <li>• calculate and evaluate the two-dimensional discrete Fourier transform of an image signal</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• determine enlarged discrete image signals by bi-linear and spline interpolation</li> <li>• verify image data for selected texture, edge and motion features</li> <li>• analyze image and video data for features in different scale spaces</li> <li>• explain and evaluate methods for the matching of image data</li> <li>• segment image data by implementing basic classification and clustering methods</li> <li>• understand the principle of transformations on image data and apply them exemplarily</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vorlesung Signale und Systeme I und II
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	J.-R. Ohm:  Multimedia Content Analysis , Springer, 2016  J. W. Woods:  Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding , Academic Press, 2 <sup>nd</sup> edition, 2012

1	<b>Module name</b> 93601	<b>Information Theory and Coding / Informationstheorie und Codierung</b> Information theory and coding	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Informationstheorie und Codierung - Übungen (1 SWS)  Vorlesung: Informationstheorie und Codierung (3 SWS)	-  5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	<b>Contents</b>	<p>1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix</p> <p>2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality</p> <p>3. Inference: inverse probability, statistical inference</p> <p>4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers</p> <p>5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding</p> <p>6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform</p> <p>7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma</p> <p>8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity</p> <p>9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels</p> <p>10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel</p> <p>11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything</p> <p>12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm</p> <p>13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm</p> <p>14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth</p> <p>15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression</p> <p>--</p> <p>1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix</p> <p>2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung</p> <p>3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz</p> <p>4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen</p> <p>5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffmancodierung</p>

		<p>6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation</p> <p>7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma</p> <p>8. Kommunikation over gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität</p> <p>9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanäle</p> <p>10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals</p> <p>11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist</p> <p>12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus</p> <p>13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus</p> <p>14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang</p> <p>15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life.</p> <p>The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding.</p> <p>For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity.</p> <p>They calculate these quantities for memoryless sources and channels.</p> <p>The students proof both the source coding and the channel coding theorem.</p> <p>The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity.</p> <p>The students apply source compression methods to measure mutual information.</p> <p>The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables.</p> <p>The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance.</p> <p>They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing.</p> <p>The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everyday's life.</p> <p>The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution.</p> <p>The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression.</p> <p>--</p> <p>Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an.</p>



		<p>Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung.</p> <p>Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität.</p> <p>Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle.</p> <p>Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem.</p> <p>Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate.</p> <p>Die Studierenden verwenden Quellencodierverfahren zur Messung von Transinformation.</p> <p>Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher.</p> <p>Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz.</p> <p>Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch.</p> <p>Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an.</p> <p>Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguläre Knotenordnungsverteilungen.</p> <p>Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression in den Frequenzbereich.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

1	<b>Module name</b> 92720	<b>Hochfrequenztechnik</b> Microwave technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	<b>Contents</b>	Nach einer Einführung in die Frequenzbereiche und Arbeitsmethoden der Hochfrequenztechnik werden die Darstellung und Beurteilung linearer n-Tore im Wellen-Konzept systematisch hergeleitet und Schaltungsanalysen in der Streumatrix-Darstellung durchgeführt. Bauelemente wie Dämpfungsglieder, Phasenschieber, Richtungsleitungen, Anpassungstransformatoren, Resonatoren und Mehrkreisfilter sowie Richtkoppler und andere Verzweigungs-n-Tore erfahren dabei eine besondere Behandlung, insbesondere in Duplex- und Brückenschaltungen. Rauschen in Hochfrequenzschaltungen wirkt vor allem in Empfängerstufen störend und ist zu minimieren. Antennen und Funkfelder mit ihren spezifischen Begriffen, einschließlich der Antennen- Gruppen bilden einen mehrstündigen Abschnitt. Abschließend werden Hochfrequenzanlagen, vor allem Sender- und Empfängerkonzepte in den verschiedenen Anwendungen wie Rundfunk, Richtfunk, Satellitenfunk, Radar und Radiometrie vorgestellt und analysiert.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen.</li> <li>lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen.</li> <li>sind in der Lage, die Kenngrößen und die hochfrequenten Eigenschaften von HF-Bauelementen und Baugruppen sowie Antennen und einfachen HF-Systemen zu berechnen und zu bewerten.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlene Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Passive Bauelemente</li> <li>Elektromagnetische Felder I</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Zinke, O.,Brunswig, H.: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Band 1, 6. Auflage. Springer-Verlag: Berlin (2000).  Voges, E.: Hochfrequenztechnik. Hüthig Verlag (2004)

1	<b>Module name</b> 96300	<b>MIMO Communication Systems</b> MIMO communication systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: MIMO Communication Systems (3 SWS) Übung: MIMO Communication Systems - Tutorial (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Hedieh Ajam Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	
5	<b>Contents</b>	Modern communication systems employ multiple antennas at the transmitter and/or receiver creating a multiple-input multiple-output (MIMO) system. This course covers the fundamental mathematical and communication theoretical concepts necessary for the design and analysis of MIMO communication systems. Relevant topics include MIMO Channel Capacity, Receive Diversity, Transmit Diversity, Space-Time Coding, Spatial Multiplexing, MIMO Transceiver Design, Multi-user MIMO, Massive MIMO, Relay-based MIMO, and applications in modern communication systems.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>learn about different MIMO channel models,</li> <li>analyze MIMO communication systems with respect to their channel capacity and reliability,</li> <li>determine MIMO figures of merit such as coding gain, diversity gain, and multiplexing gain,</li> <li>compare and evaluate different MIMO receiver designs,</li> <li>characterize the rate region of multiuser systems,</li> <li>analyze massive MIMO systems,</li> <li>discuss the advantages and disadvantages of different relay network architectures.</li> </ul> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>lernen verschiedene MIMO-Kanalmodelle kennen,</li> <li>analysieren MIMO-Kommunikationssysteme hinsichtlich der Kanalkapazität und Zuverlässigkeit,</li> <li>ermitteln MIMO-Kenngrößen wie Codierungsgewinn, Diversitätsgewinn und Multiplexgewinn,</li> <li>vergleichen und beurteilen verschiedene MIMO-Empfangsstrategien,</li> <li>charakterisieren die Ratenregion von Mehrteilnehmersystemen,</li> <li>analysieren Massive-MIMO-Systeme,</li> <li>diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Relaisnetzwerkarchitekturen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Basic course in communications	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 43141	<b>Mobile Communications</b> Mobile communications	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Mobile Communications - Tutorial (1 SWS) Vorlesung: Mobile Communications (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller Hans Rosenberger	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	<b>Contents</b>	History of mobile communications, cellular systems, sectorization, spectral efficiency, co-channel interference, adjacent-channel interference, near-far effect, cellular network architecture, antenna types and parameters, free space propagation, reflection, attenuation, diffraction, scattering, classification of channel models, ground reflection model, Okumura-Hata model, shadowing, narrow-band fading, time-variant channels, scattering function, delay-Doppler spectrum, diversity principles, combining methods, diversity gain, multiplexing, duplexing, digital modulation, Gaussian filtered minimum shift keying, basics of channel coding, interleaving, global system for mobile communications, physical versus logical channels, frame structure, call set-up, synchronization, channel estimation, hand-off
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students explain the cellular structure of mobile communication systems. They students explain the physical mechanics of radio wave propagation in the cm-band. The students explain the GSM cellular communications standard. The students discuss the pros and cons of several multiple-access and duplexing methods. The students discuss the pros and cons of several modulation and coding formats. The students decide which antenna type is suitable for a given morphological structure of the environment. The students predict the amplitude and dynamic of the antenuation between a mobile transmitter and a fixed receiver. The students utilize diversity methods to improve the link quality. The students determine the coverage probability of a given cellular communication system. The students collaborate on solving exercise problems. The students discuss which system solutions fit to which environments.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english

16	<b>Bibliography</b>	<p>Proakis, J.: Digital Communications, McGraw-Hill, 4th ed., 2001.</p> <p>Rappaport, T.: Wireless Communications: Principles &amp; Practice, Prentice Hall, 2nd ed., 2001.</p> <p>Mouly, M., Paulet, M.: The GSM System for Mobile Communications, Cell &amp; SYS, France, 1992.</p> <p>Goldsmith, A.: Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, 2005.</p>
----	---------------------	---

1	<b>Module name</b> 454183	<b>Molecular Communications</b> Molecular communications	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	<b>Contents</b>	Conventional communication systems employ electromagnetic waves for information transmission. This approach is suitable for typical macroscopic applications such as mobile communication. However, newly emerging applications in biology, nanotechnology, and medicine require communication between so-called nano-machines (e.g. nano-robots and nano-sensors) with sizes on the order of nano- and micro-meter. For such device sizes electromagnetic waves cannot be used for efficient information transmission. Instead Molecular Communication, an approach that is also widely used in natural biological systems, has to be applied. In Molecular Communication, transmitter and receiver communicate by exchanging information-carrying molecules. The design of molecular communication systems requires a basic understanding of relevant biological processes and systems as well as their communication-theoretical modelling and analysis. The course is structured as follows: 1) Introduction to Molecular Communication; 2) Biological Nano-Machines; 3) Molecular Communication in Biological Systems; 4) Synthetic Molecular Communication Systems; 5) Mathematical Modelling and Simulation; 6) Communication and Information Theory for Molecular Communication; 7) Design of Molecular Communication Systems; 8) Applications for Molecular Communication Systems.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students learn how to design synthetic molecular communication systems. They develop an understanding of natural communication processes in biological systems and how to harness these natural processes for the construction of man-made molecular communication systems. The students also learn how to analyse, model, and simulate molecular communication systems.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english





1	<b>Module name</b> 639119	<b>Music Processing Analysis - Lecture and Exercise</b> Music processing analysis - Lecture and exercise	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Meinard Müller
5	<b>Contents</b>	<p>Music signals possess specific acoustic and structural characteristics that are not shared by spoken language or audio signals from other domains. In fact, many music analysis tasks only become feasible by exploiting suitable music-specific assumptions. In this course, we study feature design principles that have been applied to music signals to account for the music-specific aspects. In particular, we discuss various musically expressive feature representations that refer to musical dimensions such as harmony, rhythm, timbre, or melody. Furthermore, we highlight the practical and musical relevance of these feature representations in the context of current music analysis and retrieval tasks. Here, our general goal is to show how the development of music-specific signal processing techniques is of fundamental importance for tackling otherwise infeasible music analysis problems.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik.</li> <li>• Die Studierenden interpretieren Signaleigenschaften anhand von Visualisierungen (Exercise).</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an.</li> <li>• Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken.</li> <li>• Die Studierenden implementieren Algorithmen zur Analyse, zum Vergleich und zur inhaltsbasierten Suche von Musiksignalen (Exercise).</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse.</li> <li>• Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber.</li> <li>• Die Studierenden analysieren und erforschen Eigenschaften von Musiksignalen mittels automatisierter Methoden (Exercise).</li> <li>• Die Studierenden klassifizieren und strukturieren Musikdaten mittels Lernverfahren (Exercise).</li> </ul>

		<p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden.</li> <li>• Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen.</li> <li>• Die Studierenden evaluieren automatisierte Methoden mittels geeigneter Evaluationsmaße unter Verwendung von manuell erstellten Annotationen (Exercise).</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor.</li> <li>◦ Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis.</li> <li>◦ Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen.</li> <li>◦ Die Studierenden entwickeln praktische Lösungswege für Problem in der Musikverarbeitung (Exercise)</li> <li>◦ Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben.</li> <li>◦ Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft.</li> <li>◦ Die Studierenden nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers und der Tutoren zur Verbesserung ihrer Lernstrategien (Exercise).</li> <li>◦ Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird.</li> <li>◦ Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen.</li> <li>◦ Die Studierenden entwickeln und implementieren Software im Team (Exercise).</li> <li>◦ Die Studierenden geben Kommilitonen im Rahmen ihrer Zusammenarbeit wertschätzendes Feedback (Exercise).</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	In this course, we discuss a number of current research problems in music processing or music information retrieval (MIR) covering aspects from information science and digital signal processing. We provide the necessary background information and give numerous motivating examples so that no specialized knowledge is required. However, the students should have a solid mathematical background. The lecture is accompanied by readings from textbooks or the research literature. Furthermore, the students are required to experiment with the presented algorithms using Python.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio

11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>Meinard Müller</p> <p>Fundamentals of Music Processing</p> <p>Using Python and Jupyter Notebooks</p> <p>2nd edition, 495 p., hardcover</p> <p>ISBN: 978-3-030-69807-2</p> <p>Springer, 2021</p> <p><a href="http://www.music-processing.de/">http://www.music-processing.de/</a></p> <p><a href="https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP">https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP</a></p>

1	<b>Module name</b> 92681	<b>Signale und Systeme I</b> Signals and systems 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	<b>Contents</b>	<p>*Kontinuierliche Signale*</p> <p>Elementare Operationen, Delta-Impuls, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation</p> <p>*Fourier-Transformation*</p> <p>Definition, Symmetrien, inverse Transformation, Sätze und Korrespondenzen</p> <p>*Laplace-Transformation*</p> <p>Definition, Eigenschaften und Sätze, Inverse Transformation, Korrespondenzen</p> <p>*Kontinuierliche LTI-Systeme im Zeitbereich*</p> <p>Impulsantwort, Sprungantwort, Beschreibung durch Differentialgleichungen, Direktformen, Zustandsraumdarstellung, äquivalente Zustandsraumdarstellungen, Transformation auf Diagonalfom</p> <p>*Kontinuierliche LTI-Systeme im Frequenzbereich*</p> <p>Eigenfunktionen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich</p> <p>*Kontinuierliche LTI-Systeme mit Anfangsbedingungen*</p> <p>Lösung mit der Laplace-Transformation, Lösung über die Zustandsraumbeschreibung, Zusammenhang zwischen Anfangswert und Anfangszustand</p> <p>*Kontinuierliche LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen*</p> <p>Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und idealer Bandpass</p> <p>*Kausalität und Hilbert-Transformation*</p> <p>Kausale kontinuierliche LTI-Systeme, Hilbert-Transformation, analytisches Signal</p> <p>*Stabilität und rückgekoppelte Systeme*</p> <p>Übertragungsstabilität, kausale stabile kontinuierliche LTI-Systeme, Stabilitätskriterium von Hurwitz, rückgekoppelte Systeme</p> <p>*Abtastung und periodische Signale*</p> <p>Delta-Impulskamm und seine Fourier-Transformierte, Fourier-Transformierte periodischer Signale, Abtasttheorem, ideale und nichtideale Abtastung und Rekonstruktion, Abtastung im Frequenzbereich</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>*Die Studierenden*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren kontinuierliche Signale mit Hilfe der Fourier- und Laplace-Transformation</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme</li> <li>• berechnen System- und Übertragungsfunktionen für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme</li> <li>• analysieren die Eigenschaften von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung</li> <li>• stufen kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme an-hand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein</li> <li>• bewerten Kausalität und Stabilität von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen</li> <li>• beurteilen die Effekte und Grenzen einer Abtastung von kontinuierlichen Signalen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Modul Grundlagen der Elektrotechnik I+II" *oder* Module Einführung in die LuK" sowie Elektronik und Schaltungstechnik"
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger, Einführung in die Systemtheorie", Wiesbaden: Teubner-Verlag, 2005

1	<b>Module name</b> 92682	<b>Signale und Systeme II</b> Signals and systems 2	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung Signale und Systeme II ( SWS) Tutorium: Tutorium zu Signale und Systeme II ( SWS) Vorlesung: Signale und Systeme II ( SWS)	- - -
3	Lecturers	Simon Deniffel Hannah Och Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	<b>Contents</b>	<p>*Diskrete Signale*</p> <p>Elementare Operationen und Eigenschaften, spezielle diskrete Signale, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation</p> <p>*Zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT)*</p> <p>Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse zeitdiskrete Fourier-Transformation, Eigenschaften und Sätze</p> <p>*Diskrete Fourier-Transformation (DFT)*</p> <p>Definition, Beispiele, Korrespondenzen, Eigenschaften und Sätze, Faltung mittels der diskreten Fourier-Transformation, Matrixschreibweise, schnelle Fourier-Transformation (FFT)</p> <p>*z-Transformation*</p> <p>Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse z-Transformation, Eigenschaften und Sätze</p> <p>*Diskrete LTI-Systeme im Zeitbereich*</p> <p>Beschreibung durch Impulsantwort und Faltung, Beschreibung durch Differenzgleichungen, Beschreibung durch Zustandsraumdarstellung</p> <p>*Diskrete LTI-Systeme im Frequenzbereich*</p> <p>Eigenfolgen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich</p> <p>*Diskrete LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen*</p> <p>Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und ideale Bandpässe, idealer Differenzierer</p> <p>*Kausale diskrete LTI-Systeme und Hilbert-Transformation*</p> <p>Kausale diskrete LTI-Systeme, Hilbert-Transformation für periodische Spektren, analytisches Signal und diskreter Hilbert-Transformator</p> <p>*Stabilität diskreter LTI-Systeme*</p> <p>BIBO-Stabilität, kausale stabile diskrete Systeme, Stabilitätskriterium für Systeme N-ter Ordnung</p> <p>*Beschreibung von Zufallssignalen*</p> <p>Erwartungswerte, stationäre und ergodische Zufallsprozesse, Autokorrelations- und Korrelationsfunktion, Leistungsdichtespektrum, komplexwertige Zufallssignale</p> <p>*Zufallssignale und LTI-Systeme*</p> <p>Verknüpfung von Zufallssignalen, Reaktion von LTI-Systemen auf Zufallssignale, Wienerfilter</p>

6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren diskrete Signale mit Hilfe der zeitdiskreten Fourier-Transformation und berechnen deren diskrete Fourier-Transformation</li> <li>• bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für diskrete lineare zeitinvariante Systeme</li> <li>• berechnen System- und Übertragungsfunktionen für diskrete lineare zeitinvariante Systeme</li> <li>• analysieren die Eigenschaften von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung</li> <li>• stufen diskrete lineare zeitinvariante Systeme anhand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein</li> <li>• bewerten Kausalität und Stabilität von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen</li> <li>• bewerten diskrete Zufallssignale durch Berechnung von Erwartungswerten und Korrelationsfunktionen</li> <li>• beurteilen die wesentlichen Effekte einer Filterung von diskreten Zufallssignalen durch diskrete lineare zeitinvariante Systeme</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 96430	<b>Statistical Signal Processing</b> Statistical signal processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann	
5	<b>Contents</b>	<p>The course concentrates on fundamental methods of statistical signal processing and their applications. The main topics are:</p> <p>*Discrete-time stochastic processes in the time and frequency domain*</p> <p>Random variables (RVs), probability distributions and densities, expectations of random variables, transformation of RVs, vectors of normally distributed RVs, time-discrete random processes: probability distribution and densities, expectation, stationarity, cyclostationarity, ergodicity, correlation functions and correlation matrices, spectral representations, principal component analysis (PCA), Karhunen-Loève transform (KLT).</p> <p>*Estimation theory*</p> <p>estimation criteria, prediction, classical and Bayesian parameter estimation (including MMSE, Maximum Likelihood, and Maximum A Posteriori estimation), Cramer-Rao bound</p> <p>*Linear signal models*</p> <p>Parametric models (cepstral decomposition, Paley-Wiener theorem, spectral flatness), non-parametric models (all-pole, all-zero and pole-zero models, lattice structures, Yule-Walker equations, PARCOR coefficients, cepstral representation)</p> <p>*Signal estimation*</p> <p>Supervised estimation, problem classes, orthogonality principle, MMSE estimation, linear MMSE estimation for normally distributed random processes, optimum FIR filtering, optimum linear filtering for stationary processes, prediction and smoothing, Kalman filters, optimum multichannel filtering (Wiener filter, LCMV, MVDR, GSC)</p> <p>*Adaptive filtering*</p> <p>Gradient methods, LMS, NLMS, APA and RLS algorithms and their convergence behavior</p> <p>*Zeitdiskrete Zufallsprozesse im Zeit- und Frequenzbereich*</p> <p>Zufallsvariablen (ZVn), Wahrscheinlichkeitsverteilungen und dichten, Erwartungswerte; Transformation von ZVn; Vektoren normalverteilter ZVn; zeitdiskrete Zufallsprozesse (ZPe): Wahrscheinlichkeitsverteilungen und dichten, Erwartungswerte, Stationarität, Zyklstationarität, Ergodizität, Korrelationsfunktionen und -matrizen, Spektraldarstellungen; Principal Component Analysis, Karhunen-Loeve Transformation;</p> <p>*Schätztheorie*</p> <p>Schätzkriterien; Prädiktion; klassische und Bayessche Parameterschätzung (inkl. MMSE, Maximum Likelihood, Maximum A Posteriori); Cramer-Rao-Schranke</p> <p>*Lineare Signalmodelle*</p>	

		<p>Parametrische Modelle (Cepstrale Zerlegung, Paley-Wiener Theorem, Spektrale Glattheit); Nichtparametrische Modelle: Allpole-/Allzero-/ Pole-zero-(AR/MA/ARMA) Modelle; Lattice-Strukturen, Yule-Walker Gleichungen, PARCOR-Koeffizienten, Cepstraldarstellungen;</p> <p><b>*Signalschätzung*</b>  Überwachte Signalschätzung, Problemklassen; Orthogonalitätsprinzip, MMSE-Schätzung, lineare MMSE-Schätzung für Gaußprozesse; Optimale FIR-Filter; Lineare Optimalfilter für stationäre Prozesse; Prädiktion und Glättung; Kalman-Filter; optimale Multikanalfilterung (Wiener-Filter, LCMV, MVDR, GSC);</p> <p><b>*Adaptive Filterung*</b>  Gradientenverfahren; LMS-, NLMS-, APA- und RLS-Algorithmus und Ihr Konvergenzverhalten.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analyze the statistical properties of random variables, random vectors, and stochastic processes by probability density functions and expectations as well as correlation functions and matrices and their frequency-domain representations</li> <li>know the Gaussian distribution and its role to describe the properties of random variables, vectors and processes</li> <li>understand the differences between classical and Bayesian estimation, derive and analyze MMSE and ML estimators for specific estimation problems, especially for signal estimation</li> <li>analyze and evaluate optimum linear MMSE estimators (single- and multichannel Wiener filter and Kalman filter) for direct and inverse supervised estimation problems</li> <li>evaluate adaptive filters for the identification of optimum linear estimators.</li> </ul> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren die statistischen Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und stochastischen Prozessen mittels Wahrscheinlichkeitsdichten und Erwartungswerten, bzw. Korrelationsfunktionen, Korrelationsmatrizen und deren Frequenzbereichsdarstellungen</li> <li>kennen die spezielle Rolle der Gaußverteilung und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und Prozessen</li> <li>verstehen die Unterschiede klassischer und Bayesscher Schätzung, entwerfen und analysieren MMSE- und ML-Schätzer für spezielle Schätzprobleme, insbesondere zur Signalschätzung</li> <li>analysieren und evaluieren lineare MMSE-optimale Schätzer (ein- und vielkanalige Wiener-Filter und Kalman-Filter) für direkte und inverse überwachte Schätzprobleme;</li> <li>evaluieren adaptive Filter zur Identifikation optimaler linearer Signalschätzer</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Module Signale und Systeme I und Signale und Systeme II, Digitale Signalverarbeitung oder gleichwertige

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Informationstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	A. Papoulis, S. Pillai: Probability, Random Variables and Stochastic Processes; McGraw-Hill, 2002 (englisch)  D. Manolakis, V. Ingle, S. Kogon: Statistical and Adaptive Signal Processing; Artech House, 2005 (englisch)

# Microelectronics

1	<b>Module name</b> 96500	<b>Analoge elektronische Systeme</b> Analogue electronic systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldeffekttransistor</li> <li>• Verstärker, Leistungsverstärker</li> <li>• Nichtlinearität und Verzerrung</li> <li>• Filtertheorie</li> <li>• Realisierung von Filtern</li> <li>• Intrinsisches Rauschen (Konzepte)</li> <li>• Physikalische Rauschursachen</li> <li>• Rauschparameter</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Phasenregelschleifen (PLLs)</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Anlogschaltungen zu erklären</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren</li> <li>• Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne</li> <li>• Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen</li> <li>• Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten</li> <li>• Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage komplexe Anlogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren</li> <li>• Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang</li> <li>• Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92502	<b>Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente</b> Basics of optoelectronic components	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente (1 SWS) Vorlesung: Grundlagen der optoelektronischen Bauelemente (3 SWS)	1,5 ECTS 3,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Friedhard Römer Prof. Dr. Bernd Witzigmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernd Witzigmann	
5	<b>Contents</b>	Funktionsweise von LEDs, Solarzellen, Transistoren, Dioden sowie Grundlagen der mikroskopischen Beschreibung	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Fachkompetenz Wissen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung der mikroskopischen Mechanismen für Ladungsträgertransport in Bauelementen</li> <li>• Zusammenhang der internen Bauelementephysik mit Systemspezifikationen der Anwendungen</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise von LEDs, Solarzellen, Dioden und deren Materialien</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wuerfel, Solarzellen</li> <li>• Schubert, Light Emitting Diodes</li> <li>• Cohen Tannoudji, Quantum Mechanics</li> <li>• Vorlesungsskript</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 92660	<b>Schaltungstechnik</b> Circuit technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Manuel Koch Sascha Breun Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET</li> <li>• Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten</li> <li>• Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler</li> <li>• Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen</li> <li>• Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von Halbleiterschaltungen wie Dioden- und Transistorgrundsaltungen, Verstärkern, Operationsverstärkern und Analog-Digital-/Digital-Analog-Umsetzern und können diese erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren.</li> <li>• Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	





1	<b>Module name</b> 96801	<b>Kommunikationsstrukturen</b> Communication structures	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Jürgen Frickel
5	<b>Contents</b>	<p>Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Information und Kommunikation</li> <li>• Anwendungsgebiete - Kommunikation</li> </ul> <p><b>Strukturen und Eigenschaften von Kommunikationssystemen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Definitionen und Klassifikationen</li> <li>• Grundlegende Strukturen</li> </ul> <p><b>Protokolle und Schnittstellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen</li> <li>• Basis-Verfahren und Beispiele</li> <li>• TCP/IP-Protokol</li> <li>• Referenzmodell nach ISO/OSI</li> <li>• Sicherungsschicht/Data Link Layer (LLC und MAC)</li> <li>• Bitübertragungsschicht/Physical Layer</li> <li>• Übertragungsmedien</li> </ul> <p><b>Hardware in Kommunikationsstrukturen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HW-Architekturen und Funktionsblöcke</li> <li>• Digitale und Analoge Komponenten</li> <li>• Schaltungsdetails von Komponenten</li> </ul> <p><b>Grundlagen von Bussystemen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifikation</li> <li>• Funktionale Eigenschaften</li> <li>• Arbitrierungs-Verfahren</li> </ul> <p><b>Leitungsgebundene Anwendungen für Rechnersysteme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus-Applikationen</li> <li>• Baustein-/IC-interne Busse (AMBA, FPI, ConTraBus, .)</li> <li>• Baugruppeninterne Busse (I2C, Chipsätze+Bridges, .)</li> <li>• Busse für Rechensysteme (VME, ISA, PCI, PCIe, AGP, .)</li> <li>• Peripherie-Busse (ATA, IEC, USB, Firewire, Fibre Channel, Thunderbolt .)</li> </ul> <p><b>Leitungsgebundene Anwendungen in Systemen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldkommunikation</li> <li>• Automobil, Luftfahrt, Space (CAN, MOST, LIN, MILBus, Spacewire .)</li> <li>• Industrie, Haustechnik (Profibus, EIB, .)</li> <li>• Weitverkehrsnetze</li> <li>• SDH, PDH, ATM,</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt die Konzepte und Verfahren vor allem drahtgebundener Kommunikationssysteme anzuwenden.

		<p>2. Die Studierenden lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Kommunikationsprotokolle zu verstehen, und miteinander zu vergleichen.</p> <p>3. Desweiteren analysieren und klassifizieren Sie grundlegende Strukturen von leitungsgebundenen Kommunikationssystemen anhand ihrer funktionalen Eigenschaften.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96180	<b>Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten</b> Design and characterisation of high speed digital circuits	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten Übung (2 SWS) Vorlesung: Entwurf und Analyse von Schaltungen für hohe Datenraten (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Gerald Gold Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	
5	<b>Contents</b>	<p>Motivation Beim Entwurf von Schaltungen für hohe Datenraten oder hohe Frequenzen auf Leiterplattenebene, aber auch in integrierten Schaltungen, kann man schaltungstechnisch alles richtig machen - aber die Schaltung funktioniert trotzdem nicht recht! Häufiger Grund ist mangelnde Signalintegrität: Signaleigenschaften werden beim Durchlaufen der Signalpfade unzulässig beeinträchtigt.</p> <p>Gliederung Die Veranstaltung behandelt Aspekte des Schaltungsentwurfs, die entscheidend sind für die Erzielung funktionsnotwendiger Signalqualität auf Schnittstellen und Verbindungselementen. Nach Einführung der notwendigen theoretischen Grundlagen werden diese auf konkrete Fragestellungen unter gegenwärtigen technologischen Randbedingungen angewendet. Signalpfade und Leistungsversorgung werden unter Gesichtspunkten der Signalintegrität analysiert und Entwurfsregeln abgeleitet. Meß-, Charakterisierungs- und Prüfverfahren werden erläutert und geeignete Modelle für Simulationen untersucht.</p> <p>1 Signaleigenschaften Begriffe und Definitionen, Kenngrößen eines Datensignals, Flankenübergangszeit und Bandbreite, Leistungsdichtespektrum eines Datensignals, Jitter: Maße und Komponenten, Augendiagramm, Bitfehlerrate und die Badewannenkurve"</p> <p>2 Signalquellen und Lasten Impedanz und Leistungsübertragung, Zeitmittelwerte</p> <p>3 Leitungen: Eigenschaften Begriffe, Leitungsmodell für Zweileiteranordnung, Ausbreitungskoeffizient und Leitungswellenwiderstand, Frequenzabhängigkeiten von Dämpfungsbelag, Phasenlaufzeitbelag und Wellenwiderstand</p> <p>4 Leitungen und Signalintegrität Auswirkung der Frequenzabhängigkeiten auf Form von Datensignalen, Reflexion und ihre Auswirkung auf Datensignale, Signallaufdiagramm bei Verzweigungen, Entwurf von Verzweigungen ohne Signalbeeinträchtigung, Analyse von Signalpfaden: Reflektometrie im Zeit- und Frequenzbereich, Systemstruktur und Systemantwort,</p>	

		<p>Signaturen verschiedener Störstellen im Wellenwiderstandsprofil und ihre Auswirkung im Augendiagramm</p> <p>5 Leitungen: Material und Oberfläche</p> <p>Charakteristika von Dielektrika und Leitern, Leitungsquerschnitte in Kabeln, Leiterplatten und integrierten Schaltungen, relative Permittivität und Verlustmechanismen, Messung dielektrischer Eigenschaften, scheinbare" relative Permittivität und Entwurfsperspektiven, Einfluß der Rauigkeit von Leiteroberflächen</p> <p>6 Leiterplatten</p> <p>Leiterplatten als Schaltungsbestandteil, Aufbau und Herstellung von Mehrlagen-Leiterplatten, Durchkontaktierungen und ihre Auswirkungen auf Signalintegrität, Varianten für hohe Frequenzen und Datenraten, Materialien und Eigenschaften, Inhomogenität und Anisotropie, Herausforderungen bei Leiterplatten für hohe Datenraten</p> <p>7 Integrierte Schaltungen</p> <p>Gattereigenschaften: Schaltleistung und Schaltzeiten, Auswirkung der Schaltzeit auf Signalintegrität, Leitungen in integrierten Schaltungen, Laufzeitverhalten, Fehlermodelle bei hohen Datenraten, IC-Gehäuse und ihre Auswirkungen auf Signalintegrität</p> <p>8 Leistungsversorgung</p> <p>Signalintegrität und Versorgungsspannung: Zeitverlauf des Leistungsbedarfs synchroner Schaltungen, Lastwechselreaktion Simultaneous Switching Noise": Modell und quantitative Behandlung, Entwurf von Entkopplungsnetzwerken</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Die Studierenden arbeiten an den folgenden Fachkompetenzen</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wesentliche Kenngrößen eines Datensignals nennen</li> <li>• Begriff "Jitter" abgrenzen</li> <li>• Jitterkomponenten erläutern</li> <li>• wesentliche Leiterplattenmaterialklassen und deren relevante Kenngrößen nennen</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Augendiagramm und Badewannenkurve" interpretieren und beurteilen</li> <li>• Zweileiter-Leitungsmodell erläutern und zugehörige Begriffe definieren</li> <li>• Reflexion an Störstellen qualitativ und quantitativ beschreiben</li> <li>• relevante Materialeigenschaften von Dielektrika und Leitern angeben und erklären und Meßverfahren dafür beschreiben</li> <li>• Aufbau und Herstellung von Mehrlagen-Leiterplatten beschreiben</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flankenübergangszeit und Bandbreite ineinander umrechnen</li> <li>• Entwurfsregeln für Signalintegrität anwenden</li> <li>• Flankenübergangszeit und Signalpfadbandbreite für Datenrate geeignet auslegen</li> </ul> <p>Analysieren</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenzabhängigkeiten von Leitungsparametern begründen und deren Auswirkung auf Form von Datensignalen diskutieren</li> <li>• Leitungsverhalten von LC- / RC-Leitungen gegenüberstellen</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jitterkomponenten anhand der Jitterverteilung ermitteln</li> <li>• verschiedene Ausbildungen von Durchkontaktierungen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf Signalintegrität bewerten</li> <li>• IC-Gehäuse hinsichtlich ihrer Eignung für hohe Datenraten / Frequenzen beurteilen</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalpfade und Topologien für hohe Datenraten / Frequenzen konzipieren</li> <li>• Entkopplungsnetzwerke gezielt für bestehende Anforderungen entwerfen</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <p>Lernziele hinsichtlich Lern- und Arbeitsmethoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meß- und Charakterisierungsverfahren zielgerichtet anwenden und Ergebnisse differenziert interpretieren</li> <li>• Belange der Signalintegrität beim Systementwurf erkennen und berücksichtigen</li> </ul> <p>Selbstkompetenz</p> <p>Lernziele hinsichtlich persönlicher Weiterentwicklung: (keine)</p> <p>Sozialkompetenz</p> <p>Lernziele hinsichtlich des Umgangs mit Menschen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungsaufgabenstellungen gemeinsam in Kleingruppen lösen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96590	<b>Entwurf integrierter Schaltungen I</b> Design of integrated circuits I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	<b>Contents</b>	<p>Es wird in die Grundlagen des integrierten digitalen Schaltungsentwurfes auf Basis von CMOS eingeführt. Ausgehend vom MOS Transistor wird die Complementäre Logik erklärt und auf gängige statische und dynamische Schaltelemente und ihre Erweiterungen auf hochintegrierte Schaltungen bis 0.13<math>\mu</math>m eingegangen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitaler IC Entwurf für Deep Submicron</li> <li>• MOS Transistor</li> <li>• Herstellung, Layout und Simulation</li> <li>• MOS Inverterschaltung</li> <li>• Statische CMOS Gatter-Schaltungen</li> <li>• Entwurf von Logik mit hoher Schaltrate</li> <li>• Transfer-Gatter und dynamische Logik</li> <li>• Entwurf von Speichern</li> <li>• Zusätzliche Themen des Speicherentwurfs</li> </ul> <p>Content</p> <p>It introduces students to the basics of digital integrated circuit design in CMOS. Starting from the MOS transistor, complementary logic is explained. Common static and dynamic switching elements are discussed as well as their extensions to large scale integrated circuits (0.18<math>\mu</math>m-0.13<math>\mu</math>m).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deep Submicron Digital IC Design</li> <li>• MOS Transistor</li> <li>• Fabrication, Layout and Simulation</li> <li>• MOS Inverter Circuits</li> <li>• Static CMOS Gate-Circuits</li> <li>• Design of Logic with High Switching Rate</li> <li>• Transfer-Gates and Dynamic Logic</li> <li>• Design of Memory</li> <li>• Additional Topics of Memory Design</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden gewinnen einen Überblick über existierende Integrationstechnologien und Entwurfsmethodiken für Integrierte Schaltungen in 0,18<math>\mu</math>m und 0,13<math>\mu</math>m CMOS. Dabei verstehen die Studierenden auch die Zusammenhänge zwischen technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Halbleiterfertigung.</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden analysiert das Verhalten von MOS/CMOS-Transistoren. Daneben können sie verschiedene statische und</li> </ul>

		<p>dynamische digitale Schaltungsstrukturen auf Transistorebene bewerten.</p> <p>Learning objectives and competencies:</p> <p>Understand</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gain an overview of existing integration technologies and integrated circuit design techniques in CMOS (0.18<math>\mu</math>m-0.13<math>\mu</math>m), understanding technical and economic aspects of semiconductor manufacturing.</li> </ul> <p>Evaluate (Assess)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyze the behavior of MOS / CMOS transistors and evaluate various static and dynamic digital circuit structures at transistor level.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 96600	<b>Entwurf Integrierter Schaltungen II</b> Design of integrated circuits II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Entwurf Integrierter Schaltungen II (2 SWS) Vorlesung: Entwurf Integrierter Schaltungen II (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Florian Deeg Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler	

4	<b>Module coordinator</b>	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung behandelt formalisierte Methoden für den Entwurf kombinatorischer Schaltungen. Schwerpunkt liegt auf einer grundlagenorientierten Darstellung der verwendeten Definitionen und Algorithmen, damit eine Übertragung auf und Anwendung in andere Wissensgebiete erleichtert wird.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Zielstellung beim Entwurf binärer Systeme</li> <li>• Beschreibungen kombinatorischer Systeme</li> <li>• Darstellung Boolescher Funktionen</li> <li>• Normalformen</li> <li>• Automatenbasierte Komposition</li> <li>• Überdeckungstabelle</li> <li>• Dynamische Operationen</li> <li>• Ableitung nach der Zeit</li> <li>• Schaltungstechnische Realisierung kombinatorischer Systeme</li> <li>• Dynamisches Verhalten von kombinatorischen Schaltungen</li> <li>• Strukturierte Datenanalyse</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden wenden Kenntnisse über den automatisierten Entwurf digitaler Schaltungen und Systeme an und lernen verschiedene Verfahren zum automatisierten Entwurf von Schaltnetzen und Schaltwerken kennen.</li> </ul> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie Studierenden sind in der Lage den Entwurfsfluss von der Spezifikation bis zum Test von digitalen Schaltungen zu entwickeln.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Digitaltechnik oder Technische Informatik I, o.ä.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Zander, Logischer Entwurf binärer Systeme VEB Verlag Technik, Berlin 1989

1	<b>Module name</b> 96090	<b>Digitale elektronische Systeme</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Digitale elektronische Systeme (3 SWS) Übung: Übungen zu Digitale elektronische Systeme (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Angelika Thalmayer Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel Albert-Marcel Schrotz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog-Digital-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Digital-Analog-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Programmierbare Logikschaltungen (PLD, FPGA): Grundlegende Konzepte, Kategorien, Hardwarearchitekturen</li> <li>• Digitale-Filter: Theorie, Eigenschaften, Entwicklung und Implementierung und IIR und FIR Filtern</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen die Hardwarearchitekturen und Funktionsweisen von Komponenten digitaler Elektronischer Systeme wie Digital-Analog-Umsetzer, Analog-Digital Umsetzer, PLDs und FPGAs und können diese erläutern</li> <li>• Die Studierenden Verstehen die Qualitätsmerkmale von Digitalen Elektronischen Komponenten, können diese auf konkrete Komponenten anwenden und somit die Qualität von digitalen Elektronischen Komponenten anhand der in Datenblättern typischer weise gegebenen Qualitätsmerkmale evaluieren</li> <li>• Die Studierenden können die Einflüsse von nichtidealen Bauelementen auf digitale elektronische Systeme analysieren</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Funktion, die Eigenschaften, die Entwicklungsmethodik sowie die Implementierung von digitalen Filtern und könne diese erläutern</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german



1	<b>Module name</b> 97530	<b>Laborpraktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (PEMSY)</b> Laboratory course: Embedded microcontroller systems (PEMSY)	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (Blockpraktikum) (3 SWS) Praktikum: Praktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (semesterbegleitend) (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Klob	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger	
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Praktikum führt die Studierenden in das Gebiet der eingebetteten Mikrocontroller-Systeme ein. Basierend auf dem Stoff der Vorlesungen Digitaltechnik, Schaltungstechnik und Systemprogrammierung bearbeiten die Teilnehmer/-innen eine Problemstellung, die mittels einer Maschine" gelöst werden soll. Zusätzlich notwendiges Wissen wird vermittelt, damit diese Maschine" in 2er-Gruppen weitgehend selbständig aufgebaut werden kann. Verwendet wird eine vom Lehrstuhl selbst entwickelte Platine auf Basis des AVR ATmega32 mit einem LCD-Display und einem ISM-Funkmodul. Schrittweise erfolgt der Löttaufbau des USB-Programmieradapters und der Hardware-Plattform mit Blick auf das zu realisierende Gesamtsystem. Während die Programmiermodule immer umfangreicher werden, wird mit zunehmender Erfahrung der Teilnehmer/-innen das System auf einem Lochrasterfeld durch eigene Schaltungen ergänzt und erweitert. Als Besonderheit darf die entwickelte Maschine" nach dem Ende des Praktikums von den Teilnehmern behalten werden. Programmiert wird konsequent in C (und Inline-Assembler) und verwendet werden ausschließlich frei verfügbare Entwicklungshilfsmittel. Für einen kontinuierlichen Entwicklungsfortschritt im Zusammenspiel mit dem Hardwareaufbau ist es hierbei unerlässlich das bereits gewisse Erfahrungen in dieser Programmiersprache bestehen. Nach Abschluss des Praktikums sind die Teilnehmer/-innen in der Lage ein Mikrocontroller-System für den Einsatz in einem Mess- oder Steuerungsprojekt aufzubauen, effektiv zu programmieren und Daten über eine Kurzstreckenfunkübertragung auszutauschen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung PEMSYP sind die Studierenden in der Lage die Konzepte und Verfahren der Mikrocontroller-Programmierung anzuwenden. Die Studierenden lernen dabei eigene Software für Mikrocontroller zu entwickeln. Sie lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Komponenten wie z.B. Strukturelemente und On-Chip-Peripherie am Beispiel des Mikrocontrollers ATmega32 zu verstehen. Dabei analysieren sie deren Zeitverhalten, entwickeln Methoden zum Anschluss von Peripherie-Elementen und bewerten Wechselwirkungen zwischen Hard- und Software.</p>	

		<p>Die Studierenden sind weiterhin nach der Veranstaltung in der Lage, eine Entwicklungsumgebung für Mikrocontroller anzuwenden, sie lernen folgende Aspekte zu verstehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software-Entwicklung unter Linux</li> <li>• Erzeugung von lauffähigem Code auf einem Mikrocontroller</li> <li>• Übertragung von Binärcode zum Mikrocontroller</li> </ul> <p>Im Rahmen des Aufbaus zweier Platinen werden zusätzlich folgende Inhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Löten an bedrahteten Bauelementen</li> <li>• Aufbau von einer Programmieradapterschaltung</li> <li>• Aufbau von einer Entwicklungsplattform mit integriertem Mikrocontroller und LCD-Display</li> <li>• Systematische Fehlersuche</li> </ul> <p>Durch die verwendeten Hard- und Software-Komponenten und generell gültigen Methodiken im Praktikum sind die erlernten Inhalte auch auf andere Mikrocontroller-Architekturen und Entwicklungssysteme übertragbar. Durch die Aufgabenstellungen des Praktikums sind die Studierenden später in der Lage, folgende Kommunikationsschnittstellen zu verstehen und eigene Treiber dafür zu entwickeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serielle synchrone Datenübertragung (SPI)</li> <li>• serielle asynchrone Datenübertragung (UART)</li> <li>• parallele bidirektionale Datenübertragung über einen Bus</li> </ul> <p>Weiterhin sind die Studierenden nach dem Praktikum in der Lage folgende Kommunikationsprotokolle anzuwenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Befehlssatz des LCD Controllers HD44780</li> <li>• Befehlssatz eines ISM Funkmoduls</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Beherrschung der Inhalte von Lehrveranstaltungen in einem ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium, die in die Grundlagen der Informatik und Elektrotechnik einführen</li> <li>• Kenntnisse in der Programmiersprache C</li> <li>• Grundverständnis von Booleschen Operationen</li> <li>• Englischkenntnisse</li> <li>• Deutschkenntnisse</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Kernighan / Ritchie: The C Programming Language



1	<b>Module name</b> 96841	<b>Multiphysics Systems and Components</b> Multiphysics systems and components	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Multiphysikalische Systeme und Komponenten (2 SWS) Vorlesung: Multiphysikalische Systeme und Komponenten (0 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Angelika Thalmayer	

4	<b>Module coordinator</b>	Jens Kirchner
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul bietet eine Einführung in die Simulationsmethode der Finiten Elemente. Dabei liegt der Schwerpunkt auf multiphysikalischen Systemen, d.h. Systemen, die den Gesetzmäßigkeiten von mindestens zwei gekoppelten physikalischen Domänen unterliegen.</p> <p>Themen der Vorlesung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Grundlagen zu Differentialgleichungen</li> <li>• Überblick über numerische Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen</li> <li>• Finite-Elemente-Methode (ein- und mehrdimensionale sowie zeitabhängige Probleme)</li> <li>• Simulation und Experiment</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende Klassen von Differentialgleichungen und können vorgegebene Differentialgleichungen diesen Klassen zuordnen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen das Konzept gut konditionierter Differentialgleichungsprobleme.</li> <li>• Die Studierenden können unterschiedliche numerische Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen benennen und grundlegende Unterschiede erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können das Vorgehen bei der Finite-Elemente-Methode erklären sowie einfache Differentialgleichungen in die schwache Form überführen sowie das zugehörige algebraische Gleichungssystem herleiten.</li> <li>• Die Studierenden können für eine vorgegebene Versuchsanordnung ein Simulationsmodell erstellen und analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können unterschiedliche numerische Verfahren, die innerhalb der FEM genutzt werden, beispielsweise zur Lösung zeitabhängiger Probleme, erklären und im Simulationsprogramm einsetzen.</li> <li>• Die Studierenden können Ursachen für Diskrepanzen zwischen Simulationsmodell und Versuchsaufbau benennen sowie Methoden zur Identifikation dieser Ursachen angeben.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211



10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92531	<b>Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1</b> Quantum electronics I - Quantum technologies 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy	
5	<b>Contents</b>	Das Modul Quantentechnologien 1 vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen von Quantentechnologien. Die Quantentechnologie ist eine neue Forschungsrichtung, die das Potential besitzt, aktuelle Technologien zu revolutionieren. Es werden relevante Themen aus der Quantenmechanik in Bezug auf Anwendungen im Bereich der Quantensensorik, Quantenkommunikation und Quantencomputer dargestellt. Im Bereich der Quantenmechanik sollen Grundlagen sowie quantenmechanische Effekte vermittelt werden, die für das Verständnis von Quantentechnologien wichtig sind.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen.</p> <p>Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben.</p> <p>Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haken, Herrmann &amp; Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik</li> <li>Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 92351	<b>Quantentechnologien 1</b> Quantum technologies 1	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy	
5	<b>Contents</b>	Das Modul Einführung in Quantentechnologien vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen von Quantentechnologien. Die Quantentechnologie ist eine neue Forschungsrichtung, die das Potential besitzt, aktuelle Technologien zu revolutionieren. Es werden relevante Themen aus der Quantenmechanik in Bezug auf Anwendungen im Bereich der Quantensensorik, Quantenkommunikation und Quantencomputer dargestellt. Im Bereich der Quantenmechanik sollen Grundlagen sowie quantenmechanische Effekte vermittelt werden, die für das Verständnis von Quantentechnologien wichtig sind.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden können Fachkompetenz Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen. Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben. Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.	
7	<b>Prerequisites</b>	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haken, Herrmann &amp; Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik</li> <li>Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 96410	<b>Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi Victor Shatov Maximilian Lübke	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	
5	<b>Contents</b>	<p>Im Rahmen dieses Modules werden die Grundlagen und technische Ausführung Übertragungstechniken vermittelt. Fokus liegt dabei auf dem Automotivebereich. Elektrofahrzeuge werden nicht nur die heute bereits in der Oberklasse verfügbaren Fahrassistenzsysteme nutzen sondern weitere E-Mobility spezifische Anwendung insbesondere zur Energie- und Reichweitoptimierung. Drahtlose Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeeinrichtungen, zwischen Fahrzeugen untereinander, genaue Ortung und Streckenprognose sowie autonomes energiesparendes Fahren mit Radar-Abstandsregelung spielen hier eine wichtige Rolle. In diesem Modul werden diese modernen Entwicklungen adressiert und die dafür notwendigen Grundlagen erarbeitet.</p> <p>Grundlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkkanaleigenschaften</li> <li>• Modellierung</li> <li>• Modulation, Codierung, Vielfachzugriff</li> </ul> <p>Fahrzeugkommunikationssysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragungssysteme für die Fahrassistenz</li> <li>• Car-to-Car und Car-to-X-Kommunikation</li> <li>• Breitbandige In-Car-Datenübertragung</li> </ul> <p>Fahrzeugsensorik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrzeugortung (lokal und global)</li> <li>• Automobilradar und Umfeldüberwachung</li> <li>• Sensorische Erfassung von Bioparametern im Fahrzeug</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul in der Lage:</p> <p>Funkkanaleigenschaften und Modelle für spezifische Anwendungs- und Betriebsszenarien anzuwenden</p> <p>Modulationstechniken zu erläutern und zu analysieren</p> <p>Moderne Codierungs- und Vielfachzugriffstechniken zu erläutern</p> <p>Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugkommunikationssystemen zu erläutern und zu analysieren</p> <p>Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugsensoriksystemen zu erläutern und zu analysieren</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	

9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92590	<b>Halbleiterbauelemente</b> Semiconductor devices	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze	
5	<b>Contents</b>	<p>Das Modul Halbleiterbauelemente vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen moderner Halbleiterbauelemente. Der erste Teil der Vorlesung befasst sich nach einer Einleitung in die moderne Halbleitertechnik und Halbleitertechnologie mit der Behandlung von Ladungsträgern in Metallen und Halbleitern; und es werden die wesentlichen elektronischen Eigenschaften der Festkörper zusammengefasst. Darauf aufbauend werden im Hauptteil der Vorlesung die Grundelemente aller Halbleiterbauelemente pn-Übergang, Schottky-Kontakt und MOS-Varaktor detailliert dargestellt. Damit werden dann zum Abschluss die beiden wichtigsten Transistorkonzepte der Bipolartransistor und der MOS-gesteuerte Feldeffekttransistor (MOSFET) ausführlich behandelt. Ein Ausblick, der die gesamte Welt der halbleiterbasierten Bauelemente für Logik- &amp; Hochfrequenzanwendungen, Speicher- und leistungselektronischen Anwendungen beleuchtet, runden die Vorlesung ab.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter</li> <li>• interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente</li> <li>• berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente</li> <li>• übertragen - ausgehend von den wichtigsten Bauelementen, wie Dioden, Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren - diese Funktionsprinzipien auf Weiterentwicklungen für spezielle Anwendungsgebiete wie Leistungselektronik oder Optoelektronik</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich</li> <li>• R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002</li> <li>• D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002</li> <li>• Th. Tille, D. Schmitt-Landsiedel: Mikroelektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2004</li> <li>• S.K. Banerjee, B.G. Streetman: Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, 2005</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92521	<b>Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (HL I)</b> Semiconductor technology I - Bipolar technology (HL I)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (2 SWS) Vorlesung: Halbleitertechnik I - Bipolartechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze Jannik Schwarberg	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung eines p-n-Übergangs im thermodynamischen Gleichgewicht (Raumladungszonen, Poisson-Gleichung, Depletion-Näherung und Built-in-Spannung),</li> <li>• Beschreibung eines p-n-Übergangs im Nicht-Gleichgewicht (I-U-Charakteristik des idealen p-n-Übergangs, Rekombinationsmechanismen in p-n-Übergängen, I-U-Charakteristik des realen p-n-Übergangs, Durchbruchmechanismen in p-n-Übergängen),</li> <li>• Dioden-Spezialformen: Schottky-Diode und Ohmscher Kontakt, Z-Dioden (Zener-Diode und Avalanche-Diode), IMPATT-Diode (Impact-Ionization-Avalanche-Transit-Time-Diode), Gunn-Diode, Uni-Tunnel diode, Esaki-Tunnel diode, Shockley-Diode, DIAC (Diode for Alternating Current),</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise von Bipolar- und Heterobipolartransistoren: Ideales und reales Verhalten und Hochfrequenzbetrieb,</li> <li>• Thyristor und lichtgezündeter Thyristor, TRIAC (Triode for Alternating Current).</li> </ul> <p>Als Ausblick wird zum Schluss der Vorlesung auf Leistungsbipolartransistoren mit isoliertem Gate wie dem Gate-Turn-Off-Thyristor (GTO-Thyristor) und dem Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) und auf BiCMOS-Schaltungen eingegangen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden besitzen die Kenntnis und das Verständnis der mathematisch-physikalischen Grundlagen der Bauelement-Modellierung, kennen die ideale und die reale Funktionsweise und den Aufbau diverser Halbleiterdioden und haben ein umfassendes Verständnis vom Aufbau und vom idealen/ realen Verhalten eines Bipolar- und eines Heterobipolartransistors. Darüber hinaus kennen sie die prinzipielle Funktionsweise von Thyristoren und haben erste Grundkenntnisse von der Funktionsweise von Leistungsbipolartransistoren mit isoliertem Gate und von BiCMOS-Schaltungen (BiCMOS: Schaltungstechnik, bei der Bipolar- und Feldeffekttransistoren miteinander kombiniert werden). Außerdem kennen sie die prinzipiellen Herstellungsprozessabläufe moderner Bipolar- und BiCMOS-Prozesse.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Kenntnisse aus den Vorlesungen Halbleiterbauelemente und HLT I - Technologie Integrierter Schaltungen von Vorteil	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	



9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaumburg: Halbleiter, Teubner Verlag, 1991</li> <li>• Löcherer: Halbleiterbauelemente, Teubner Verlag, 1992</li> <li>• Thuselt: Physik der Halbleiterbauelemente, Springer Verlag, 2005</li> <li>• Sze: Physics of Semiconductor Devices, John Wiley &amp; Sons, 1981</li> <li>• Roulsten: An Introduction to the Phys. of Sem. Devices, Oxford Univ. Press, 1999</li> <li>• Chang: ULSI Devices, John Wiley &amp; Sons, 2000</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92513	<b>Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (HLT I)</b> Semiconductor technology I - Integrated circuit technology (HLT I)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze	
5	<b>Contents</b>	<p>In diesem Modul werden die wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente und integrierter Schaltungen behandelt.</p> <p>Ausgehend von der Frage nach den relevanten Parametern chemischer und physikalischer Herstellungsprozesse werden zu Beginn die Verfahren und Methoden zur Herstellung von einkristallinen Siliziumkristallen besprochen. Anschließend werden die physikalischen und chemischen Grundlagen der Oxidation, der Dotierverfahren Diffusion und Ionenimplantation sowie der physikalischen und chemischen Gasphasenabscheidung von dünnen Schichten behandelt. Eine Einführung in die relevanten Lithographie- und Strukturierungsverfahren beendet den Kanon der wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente. Ergänzend dazu werden Sequenzen von Prozessabläufen, wie sie heute bei der Herstellung von hochintegrierten Schaltungen wie Mikroprozessoren oder Speichern verwendet werden, besprochen.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Technologieschritte und notwendigen Prozessgeräte</li> <li>• erklären die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Herstellung von Integrierten Schaltungen</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln en Einfluss von Prozessparametern und können Vorhersagen für Einzelprozesse ableiten</li> <li>• sind in der Lage, verschiedene Herstellungsschritte hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bzgl. der hergestellten Schichten, Strukturen oder Bauelemente zu beurteilen</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Kenntnisse aus dem Bereich Halbleiterbauelemente (Pflichtveranstaltung im Bachelorstudiengang EEI und Mechatronik)	

12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. M. Sze: VLSI - Technology, MacGraw-Hill, 1988</li> <li>• C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996</li> <li>• D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000</li> <li>• Hong Xiao: Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96621	<b>Transceiver-Systementwurf</b> Transceiver system design	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Jörn Thielecke	
5	<b>Contents</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Systemübersicht und Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPSGSM-WLAN</li> <li>• Vergleichende Zusammenfassung</li> </ul> </li> <li>3. Basisbandverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung und Wechselwirkungen am Beispiel einer PLL</li> <li>• Anforderungsprofil bei GPS, GSM und WLAN</li> </ul> </li> <li>4. A/D- und D/A-Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominierendes Nutzsignal bei GSM und WLAN</li> <li>• Dominierendes Rauschen bei GPS</li> <li>• Anforderungsübersicht</li> </ul> </li> <li>5. Frontend <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse und Charakterisierung von Störungen (Nichtlinearitäten, Rauschen, Dynamikbereich, I/Q-Balance, Phasenrauschen)</li> <li>• Systementwurf (Entwurfzyklus, Empfänger-Architekturen, Sender-Architekturen)</li> </ul> </li> <li>6. Ausblick</li> </ol>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anhand der Beispielsysteme GPS, GSM und WLAN sollen Studierende beurteilen lernen, wie das Wechselspiel zwischen Realisierungsaufwand und nachrichtentechnischer Systemanforderung ist.</li> <li>2. Anhand von Beispielen sollen Studierenden die wesentlichen Entwurfsschritte bis hin zur Parametrisierung auf Blockschaltbildebene klar werden, wenn der Ausgangspunkt eine nachrichtentechnische Systembeschreibung ist.</li> <li>3. Anhand von Architekturbeispielen sollen Studierende ein Verständnis für die Spielräume und Abwägungen beim Entwurf eines Endgerätes entwickeln.</li> </ol>	
7	<b>Prerequisites</b>	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse erforderlich aus: Signal- und Systemtheorie, Nachrichtentechnische Systeme, Stochastik. Erste mikroelektronische Kenntnisse helfen.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)	

		Bei bestandener Prüfung wird die Note um eine Teilnotenstufe (z.B. von 2,0 auf 1,7) verbessert, wenn Sie mindestens 75% der Hausaufgaben einschließlich der Rechnerübungen erfolgreich absolviert haben. Eine Note besser als 1,0 wird nicht vergeben.
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Skriptum zur Vorlesung.

# Power electronics

1	<b>Module name</b> 92660	<b>Schaltungstechnik</b> Circuit technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Schaltungstechnik (2 SWS) Vorlesung: Schaltungstechnik (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Manuel Koch Sascha Breun Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterbauelemente: Diode, Bipolartransistor, MOSFET</li> <li>• Transistor-Grundsaltungen: Arbeitspunkte, Großsignal-, Kleinsignalverhalten</li> <li>• Verstärker: Stromquellen, Differenzverstärker, Impedanzwandler</li> <li>• Operationsverstärker, innerer Aufbau, Modelle, Anwendungen</li> <li>• Digital-Analog-/Analog-Digital-Umsetzer: Grundsaltungen, Modelle, Anwendungen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von Halbleiterschaltungen wie Dioden- und Transistorgrundsaltungen, Verstärkern, Operationsverstärkern und Analog-Digital-/Digital-Analog-Umsetzern und können diese erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können komplexe Schaltungen durch eine Zerlegung in grundlegende Funktionsblöcke analysieren und diese in ihrer Funktion beurteilen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Entwicklungsmethodik beim Entwurf von grundlegenden Halbleiterschaltungen und können diese dimensionieren.</li> <li>• Die Studierenden können eine einfache, abstrakte Funktionsbeschreibung in grundlegende Halbleiterschaltungen abbilden und diese zur Erfüllung der abstrakten Funktion auslegen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	





1	<b>Module name</b> 92650	<b>Regelungstechnik A (Grundlagen)</b> Control engineering A (Foundations)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung behandelt die Grundlagen der Regelungstechnik und befähigt zur Beschreibung und Untersuchung linearer Systeme und zum Entwurf einfacher und mehrschleifiger Regler im Frequenzbereich. Die Inhalte der Vorlesung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik</li> <li>• Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild</li> <li>• Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang</li> <li>• Auslegung einschleifiger Regelkreise</li> <li>• Erweiterte Regelkreisstrukturen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern.</li> <li>• Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren.</li> <li>• das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben.</li> <li>• eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen.</li> <li>• aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln.</li> <li>• zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben.</li> <li>• den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern.</li> <li>• Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen.</li> <li>• die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen.</li> <li>• entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind.</li> <li>• für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen.</li> <li>• ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen.</li> <li>• die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.</li> </ul>

7	<b>Prerequisites</b>	Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016</li> <li>• M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004</li> <li>• W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987</li> <li>• J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020</li> <li>• R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002</li> <li>• G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 97060	<b>Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden)</b> Control engineering B (State-space methods)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen zur Beschreibung und Untersuchung von linearen dynamischen Systemen mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen im Zustandsraum sowie den zustandsraumbasierten Regler- und Beobachterentwurf. Die Inhalte der Vorlesung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation der Zustandsraumbetrachtung dynamischer Systeme in der Regelungstechnik</li> <li>• Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme und deren Vereinfachung durch Linearisierung</li> <li>• Analyse linearer und zeitinvarianter Systeme: Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zusammenhang mit Ein-/Ausgangsbetrachtung</li> <li>• Auslegung von linearen Zustandsreglern für lineare Eingrößensysteme</li> <li>• Erweiterte Regelkreisstrukturen, insbesondere Vorsteuerung und Störgrößenkompensation</li> <li>• Entwurf von Zustands- und Störgrößenbeobachtern und Kombination mit Zustandsreglern (Separationsprinzip)</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Vorzüge der Zustandsraumbetrachtung im Vergleich zur Ein-/Ausgangsbetrachtung darlegen.</li> <li>• für dynamische Systeme die Zustandsgleichungen aufstellen und durch Linearisierung vereinfachen.</li> <li>• für LZI-Systeme die Zustandsgleichungen in Normalformen transformieren.</li> <li>• Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit von Zustandssystemen definieren und LZI-Systeme daraufhin untersuchen.</li> <li>• ausführen, wie diese Eigenschaften mit den Eigenwerten und Nullstellen von LZI-Zustandssystemen zusammenhängen.</li> <li>• den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Zustandsregelung angeben und die Zweckbestimmung ihrer einzelnen Komponenten erläutern.</li> <li>• realisierbare Vorsteuerungen zur Einstellung des Sollverhaltens entwerfen.</li> <li>• Zielstellung und Aufbau eines Zustandsbeobachters erläutern.</li> <li>• diesen zu einem Störbeobachter erweitern und Störaufschaltungen zur Kompensation von Dauerstörungen konzipieren.</li> <li>• beobachterbasierte Zustandsregelungen durch Eigenwertvorgabe entwerfen.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich die Zustandsraummethoden der Regelungstechnik selbständig weiter erschließen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Vektor- und Matrizenrechnung sowie Grundlagen der Regelungstechnik (klassische Frequenzbereichsmethoden; kann auch parallel gehört werden, siehe Regelungstechnik A)
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes) Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Die Summe der in den Online-Tests erzielten Punktzahl wird zu max. 10% auf die Klausurpunktzahl angerechnet. Hiermit ist eine Verbesserung der Klausurbewertung um bis zu 0,7 Notenpunkte möglich. Die Anrechnung erfolgt nur, wenn Sie die Prüfung an sich mit der Mindestnote 4,0 bestanden haben. Der Bonus kann nur einmal im Prüfungszeitraum der Vorlesung angerechnet werden, entweder zum Haupttermin nach Vorlesungsende oder zum Nachholtermin im Folgesemester, wenn der Haupttermin nicht wahrgenommen wurde.
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C.T. Chen. Control System Design, Pond Woods Press, 1987</li> <li>O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung. 8. Auflage, Hüthig, 1994</li> <li>H. Geering. Regelungstechnik, 6. Auflage, Springer, 2004</li> <li>T. Kailath. Linear Systems, Prentice Hall, 1980</li> <li>G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1, Springer, 1995</li> <li>D.G. Luenberger. Introduction to Dynamic Systems, John Wiley &amp; Sons, 1979</li> <li>J. Lunze. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, Springer, 2020</li> <li>J. Lunze. Regelungstechnik 2, 10. Auflage, Springer, 2020</li> <li>L. Padulo, M.A. Arbib. System Theory, W.B. Saunders Company, 1974</li> <li>W.J. Rugh. Linear System Theory 2, Prentice Hall, 1996</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 97360	<b>Digitale Regelung</b> Digital control	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Digitale Regelung (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Andreas Michalka	
5	<b>Contents</b>	<p>Es werden Aufbau u. mathematische Beschreibung digitaler Regelkreise für LZI-Systeme sowie Verfahren zu deren Analyse und Synthese betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quasikontinuierliche Beschreibung und Regelung der Strecke unter Berücksichtigung der DA- bzw. AD-Umsetzer</li> <li>• zeitdiskrete Beschreibung der Regelstrecke als Zustandsgleichung oder z-Übertragungsfunktion</li> <li>• Analyse von Abtastsystemen, Stabilität, Steuer- und Beobachtbarkeit</li> <li>• Regelungssynthese: Steuerungsentwurf, Zustandsregelung und Beobachterentwurf, Störungen im Regelkreis, Berücksichtigung von Totzeiten, Intersampling-Verhalten".</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Aufbau und Bedeutung digitaler Regelkreise.</li> <li>• leiten mathematische Beschreibungen des Abtastsystems in Form von Zustandsgleichungen oder z-Übertragungsfunktionen her.</li> <li>• analysieren Abtastsysteme und konzipieren digitale Regelungssysteme auf Basis quasikontinuierlicher sowie zeitdiskreter Vorgehensweisen.</li> <li>• entwerfen Steuerungen, Regelungen und Beobachter und bewerten die erzielten Ergebnisse.</li> <li>• diskutieren abtastregelungsspezifische Effekte und bewerten Ergebnisse im Vergleich mit dem kontinuierlichen Systemverhalten.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Es wird empfohlen folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungstechnik A (Grundlagen) (RT A) oder Einführung in die Regelungstechnik (ERT)</li> <li>• Regelungstechnik B (Zustandsraummethoden) (RT B)</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96580	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Elektromagnetische Verträglichkeit (2 SWS) Übung: Ü-EMV (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Daniel Kübrich Daniel Breidenstein	

4	<b>Module coordinator</b>	Jeannette Konhäuser Dr.-Ing. Daniel Kübrich
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Modul dient als Einführung in die grundlegende Problematik der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es werden sowohl die Störemissionen, d.h. die Störaussendung auf Leitungen und als Abstrahlung als auch die Empfindlichkeit von elektronischen Geräten gegenüber den von außen kommenden Störungen betrachtet. Ausgehend von den in den unterschiedlichen Frequenzbereichen maximal zugelassenen Störpegeln werden neben den jeweils anzuwendenden Messverfahren insbesondere die technischen Möglichkeiten im Vordergrund stehen, die zur Reduzierung der Störemissionen bzw. zur Erhöhung der Störfestigkeit von Schaltungen beitragen.</p> <p>Es werden konkrete Fragestellungen der EMV, wie z.B. Störpegel auf Leitungen, Koppelmechanismen, Störpegel von abgestrahlten Feldern usw. berechnet und aus den Ergebnissen Maßnahmen zur Verbesserung der EMV-Situation abgeleitet. Neben den Rechenübungen werden zu den folgenden Themen praktische Messungen vorgenommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symmetrische und asymmetrische Störströme</li> <li>• Ersatzschaltbilder von Filterkomponenten</li> <li>• Netzfilterdämpfung</li> <li>• Koppelmechanismen</li> <li>• Reduzierung von Feldern durch Schirmung / Spiegelung</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Besonderheiten der EMV-Messtechnik zu verstehen,</li> <li>• die aktuellen Normen zu verstehen und anzuwenden,</li> <li>• die unterschiedlichen Koppelmechanismen zu verstehen und auf die Störprobleme in Schaltungen und Systemen anzuwenden,</li> <li>• die Störsituation bei Schaltungen zu bewerten und Maßnahmen zur Entstörung zu entwickeln.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)

12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 96230	<b>Hochleistungsstromrichter für die Elektrische Energieversorgung</b> High-power converters in electrical power	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther	
5	<b>Contents</b>	<p>In elektrischen Energieversorgungsnetzen aller Spannungsebenen werden immer häufiger leistungselektronische Anlagen und Betriebsmittel zur Versorgung von Abnehmern, zur Integration dezentraler Stromerzeuger (z. B. Windkraftanlagen), zur Kompensation von Blindleistungen, zum Leistungsaustausch zwischen zwei Netzen sowie zur Steuerung des Lastflusses eingesetzt. Sie üben eine starke Rückwirkung auf das Netz und seine Abnehmer durch Verzerrung der Ströme und Spannungen und damit verbundene Blindleistungen aus. Ihr Einsatz muss daher sorgfältig geplant werden. Grundlage dafür sind die stationären Betriebsvorgänge in Drehstromsystemen mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (Stromrichtersysteme) und ihre charakteristischen Kenngrößen, deren analytische Berechnung gezeigt wird</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzgeführte Stromrichter: Dreipulsige Elementarstromrichter - sechspulsige Stromrichter - zwölfpulsige Stromrichter - höherpulsige Stromrichter</li> <li>• Beschreibung von Stromrichtersystemen im Zustandsraum: Berechnung des stationären Betriebes als periodische Folge von Schaltvorgängen im Zustandsraum - Resonanz in sechspulsigen Stromrichtersystemen - stationärer Betrieb zwölfpulsiger Stromrichtersysteme</li> <li>• Netzgeführte Drehstromsteller: Gesteuerte Drehstromsteller - Einfluss des Nullsystems auf den Stellerbetrieb - dynamische Reihen- und Parallelkompensation - Resonanzen und ihre Vermeidung</li> <li>• Selbstgeführte Stromrichter: Grundsaltungen - Erzeugung der Ausgangsspannungen von Spannungsumrichtern - stationärer Betrieb im Drehstromnetz - vollständige Lastflusssteuerung - Resonanzen und ihre Vermeidung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die stationären Betriebsvorgänge in Drehstromsystemen mit leistungselektronischen Betriebsmitteln (Stromrichtersysteme).</li> <li>• analysieren und bewerten unterschiedliche Varianten von Stromrichterschaltungen und deren Verschaltung mit dem Drehstromsystem</li> <li>• wenden Verfahren zur Berechnung und Bewertung der charakteristischen Kenngrößen typischer Schaltungsvarianten an.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>entwickeln ausgehend von dreipulsigen Elementarstromrichtern Verfahren zur Berechnung höherpulsiger Stromrichter und von dynamischen Kompensationsanlagen im Zustandsraum.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der elektrischen Energieversorgung für das Verständnis nötig.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Herold, G.: Elektrische Energieversorgung V. Stromrichter in Drehstromnetzen. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2009

1	<b>Module name</b> 96630	<b>Leistungselektronik</b> Power electronics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Thomas Eberle	
5	<b>Contents</b>	<p>*Grundlagen der Topologieanalyse*: Stationaritätsbedingungen, Strom-Spannungsformen, verbotene Schalthandlungen</p> <p>*Nicht-isolierende Gleichspannungswandler*: Grundlegende Schaltungstopologien, Funktionsweise, Dimensionierung</p> <p>*Isolierende Gleichspannungswandler*: Grundlegende Schaltungstopologien, Gleichrichterschaltungen, Transformatoren als Übertrager bzw. Energiespeicher</p> <p>*Leistungshalbleiter*: Grundlagen des statischen und dynamischen Verhaltens von MOSFET, IGBT und Dioden; Spezifika von WBG-Leistungshalbleitern auf Basis von Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN); Kommutierungsarten; Kurzschluss, Avalanche</p> <p>*Passive Leistungsbaulemente*: Induktive Baulemente (weichmagnetische Kernmaterialien, nichtlineare Eigenschaften, Kernverluste, Wicklungsverluste); Kondensatoren (Technologien und deren Anwendungseigenschaften, sicherer Arbeitsbereich, Brauchbarkeitsdauer, Impedanzverhalten)</p> <p>*Parasitäre Elemente*: Niederinduktive Aufbautechniken</p> <p>*Treiber- und Ansteuerschaltungen für Leistungshalbleiter*: Grundsaltungen zur Ansteuerung MOS-gesteuerter Baulemente mit und ohne galvanische Isolation, Schaltungen zur Erhöhung von Störabstand und Treiberleistung, Ladungspumpe, Schutzbeschaltungen, PWM-Modulatoren</p> <p>*Gleichrichter und Leistungsfaktorkorrektur*: Phasenabschnittsteuerung, Netzstromverzerrungen, aktive Leistungsfaktorkorrektur, Gleichrichterschaltungen</p> <p>*Wechselrichter*: Netzgeführte Stromrichter, Zwei-/Dreipunktwechselrichter, Sinus-Dreieck- und Raumzeigermodulation</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsprinzipien leistungselektronischer Basistopologien mit und ohne galvanische Isolation erklären,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler analysieren und die für ein Systemdesign relevanten elektrischen und thermischen Parameter berechnen,</li> <li>• die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Schaltungslösungen erklären und diskutieren,</li> <li>• die Vor- und Nachteile verschiedener Bauteiltechnologien in einer leistungselektronischen Schaltung bewerten,</li> <li>• einfache leistungselektronische Wandler entwerfen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	

9	<b>Module compatibility</b>	Elektrische Energie- und Antriebstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>[1] Franz Zach: Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-04898-3</p> <p>[2] Schröder D., Marquardt R.: Leistungselektronische Schaltungen. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-662-55324-4</p> <p>[3] Joachim Specovius: Grundkurs Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-03308-8</p> <p>[4] Ulrich Schlienz: Schaltnetzteile und ihre Peripherie. Vieweg, ISBN 3-528-03935-3</p> <p>[5] Albach M.: Induktivitäten in der Leistungselektronik. Springer-Vieweg, ISBN 978-3-658-15080-8</p> <p>[6] Tursky W., Reimann T., et al.: Applikationshandbuch Leistungshalbleiter. Semikron, ISBN 978-3-938843-56-7</p> <p>[7] Volke A., Hornkamp M.: IGBT Modules. Infineon, ISBN 978-3-00-040134-3</p> <p>[8] Kenneth L. Kaiser: Electromagnetic Compatibility Handbook. CRC Press, ISBN 0-8493-2087-9</p> <p>[9] Hofer K.: Moderne Leistungselektronik und Antriebe. VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2067-1</p>

1	<b>Module name</b> 96370	<b>Pulsumrichter für elektrische Antriebe</b> Pulse-controlled converters for electrical drives	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Pulsumrichter für elektrische Antriebe (2 SWS) Vorlesung: Pulsumrichter für elektrische Antriebe (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Alexander Pfannschmidt Dr.-Ing. Jens Igney	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Jens Igney	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Einleitung</li> <li>2. Bauelemente <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 IGBTs und Dioden</li> <li>2.2 Entwärmung</li> <li>2.3 Kondensatoren</li> </ul> </li> <li>3. Theorie selbstgeführter Stromrichter <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Schaltungen von selbstgeführten Stromrichter</li> <li>3.2 Grundfrequenzsteuerung</li> <li>3.3 Trägerverfahren</li> <li>3.4 Drehzeiger / Raumzeigermodulation</li> </ul> </li> <li>4. Gleichstromsteller <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Tiefsetzsteller</li> <li>4.2 Hochsetzsteller</li> <li>4.3 Zweiquadrantensteller</li> <li>4.4 Vierquadrantensteller</li> </ul> </li> <li>5. Dreiphasiger Pulsumrichter <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Eingangsseitige Gleichrichter</li> <li>5.2 Pulsumrichter für permanenterregte Synchronmaschinen mit Blockstrom</li> <li>5.3 Motorseitiger Wechselrichter</li> <li>5.4 Verluste für Pulsumrichter mit sinusförmigen Strom</li> </ul> </li> <li>6. Unerwünschte Effekte <ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Niederfrequente Netzharmonische</li> <li>6.2 Ableitströme und Funkstörspannung</li> <li>6.3 Kabel, Reflexion, erhöhte Motorspannungen</li> <li>6.4 Lagerströme</li> </ul> </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden konzipieren Gleichstromsteller und Pulsumrichter in Abhängigkeit der Antriebsaufgabe und Leistungsanforderung. Sie überschauen die möglichen Betriebsarten, wählen geeignete Betriebsarten aus und berechnen die notwendigen Kenngrößen der Bauteile und Baugruppen, die sie anhand der Informationen der Datenblätter auswählen.</p> <p><b>Bauelemente im Pulsumrichter:</b> Die Studierenden beschreiben die wesentlichen Eigenschaften und Funktionsweise der Bauelemente eines Pulsumrichters, wie IGBTs, Dioden und Elektrolyt-Kondensatoren. Sie sind in der Lage, relevante Parameter aus Daten und Kennlinien</p>	

		<p>der Datenblätter dieser Bauelemente zu entnehmen, um damit den Leistungskreis zu konzipieren.</p> <p><b>Theorie selbstgeführter Stromrichter:</b> Die Studierenden erläutern die grundsätzliche Funktionsweise eines Pulswechselrichters und die verschiedenen Verfahren zur Ansteuerung, wie Grundfrequenzsteuerung, Sinus-Dreieck-Modulation und Raumzeigermodulation. Sie berechnen Pulsmuster für die verschiedenen Verfahren und zeichnen Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte. Sie leiten daraus die Belastung der Bauelemente ab und berücksichtigen dies bei der Konzeption des Leistungskreises.</p> <p><b>Gleichstromsteller:</b> Die Studierenden erläutern Aufbau und Funktionsweise von Gleichstromstellern. Sie zeichnen die Spannungs- und Stromzeitverläufe für vorgegebene Betriebspunkte und berechnen deren Parameter. Sie berechnen die Verluste, welche in den Leistungshalbleitern entstehen und konzipieren den Leistungskreis und die Kühlung.</p> <p><b>Dreiphasige Pulsumrichter:</b> Die Studierenden benennen die Vorteile und Einsatzbereiche verschiedener Einspeisestromrichter. Sie berechnen die Belastung der Zwischenkreiskondensatoren und die Verluste in den Leistungshalbleitern und konzipieren den Leistungskreis und die Kühlung.</p> <p><b>Unerwünschte Effekte:</b> Die Studierenden nennen unerwünschte Effekte, welche durch den Einsatz eines Pulswechselrichters am Motor entstehen und beschreiben mögliche Abhilfemaßnahmen, die sie in ihrer Konzeption berücksichtigen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Leistungselektronische Grundkenntnisse
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Felix Jenni, Dieter Wüest: "Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter"</li> <li>• Semikron Applikationshandbuch</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96670	<b>Schaltnetzteile</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Schaltnetzteile (2 SWS) Übung: Übungen zu Schaltnetzteile (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum Samuel Faber	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Thomas Dürbaum
5	<b>Contents</b>	In "Schaltnetzteile" werden die Grundprinzipien der hochfrequent getakteten leistungselektronischen Schaltungen behandelt. Neben den unterschiedlichen Netzteiltopologien werden insbesondere die verschiedenen durch die hochfrequente Betriebsweise entstehenden Probleme behandelt. Außerdem werden Methoden zur Berechnung der grundlegenden Schaltnetzteilmfamilien, zur Ermittlung von Schaltverlusten, zum Design von Entlastungsnetzwerken sowie ein erstes Konzept zur regelungstechnischen Beschreibung von Netzteilen mit PWM- Regelung vermittelt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: - Basistopologien und deren Betriebsarten zu analysieren, - die Funktionsweise PWM-geregelter Topologien zu erarbeiten und die zugehörigen Kennwerte zu bewerten, - die Notwendigkeit von Netztrennung sowie mögliche Maßnahmen zur Erlangung derselben zu verstehen, - grundlegende netztrennende Topologien zu analysieren, - Schaltverluste sowie deren Reduzierung mit Hilfe von Entlastungsnetzwerken zu bewerten, - regelungstechnische Beschreibung PWM-getakteter Konverter im kontinuierlichen Betrieb mittels der Methode des In-Circuit-Averaging zu analysieren.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begleitende Arbeitsblätter</li> </ul>

- Fundamentals of Power Electronics, Erickson W. Robert, Springer Verlag



1	<b>Module name</b> 92590	<b>Halbleiterbauelemente</b> Semiconductor devices	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze
5	<b>Contents</b>	Das Modul Halbleiterbauelemente vermittelt den Studierenden der Elektrotechnik die physikalischen Grundlagen moderner Halbleiterbauelemente. Der erste Teil der Vorlesung befasst sich nach einer Einleitung in die moderne Halbleitertechnik und Halbleitertechnologie mit der Behandlung von Ladungsträgern in Metallen und Halbleitern; und es werden die wesentlichen elektronischen Eigenschaften der Festkörper zusammengefasst. Darauf aufbauend werden im Hauptteil der Vorlesung die Grundelemente aller Halbleiterbauelemente pn-Übergang, Schottky-Kontakt und MOS-Varaktor detailliert dargestellt. Damit werden dann zum Abschluss die beiden wichtigsten Transistorkonzepte der Bipolartransistor und der MOS-gesteuerte Feldeffekttransistor (MOSFET) ausführlich behandelt. Ein Ausblick, der die gesamte Welt der halbleiterbasierten Bauelemente für Logik- & Hochfrequenzanwendungen, Speicher- und leistungselektronischen Anwendungen beleuchtet, runden die Vorlesung ab.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen <ul style="list-style-type: none"> <li>verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter</li> <li>interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen</li> </ul> Anwenden <ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente</li> <li>berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente</li> <li>übertragen - ausgehend von den wichtigsten Bauelementen, wie Dioden, Bipolartransistoren und Feldeffekttransistoren - diese Funktionsprinzipien auf Weiterentwicklungen für spezielle Anwendungsgebiete wie Leistungselektronik oder Optoelektronik</li> </ul> Analysieren <ul style="list-style-type: none"> <li>diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Grundlagen der Elektrotechnik I
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Mikroelektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich</li> <li>• R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002</li> <li>• D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002</li> <li>• Th. Tille, D. Schmitt-Landsiedel: Mikroelektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2004</li> <li>• S.K. Banerjee, B.G. Streetman: Solid State Electronic Devices, Prentice Hall, 2005</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92523	<b>Halbleitertechnik III - Leistungshalbleiterbauelemente (HL III)</b> Semiconductor technology III - Power semiconductor components (HL III)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Tobias Erlbacher
5	<b>Contents</b>	<p>Nach einer Einführung in die Anwendungsgebiete, die Historie von Leistungshalbleiterbauelementen und die relevante Halbleiterphysik, werden die heute für kommerzielle Anwendungen relevanten Ausführungsformen von monolithisch integrierten Leistungsbauelemente besprochen.</p> <p>Zunächst werden Bipolarleistungsdioden und Schottkydioden als gleichrichtende Bauelemente vorgestellt.</p> <p>Anschließend werden der Aufbau und die Funktion von Bipolartransistoren, Thyristoren, unipolaren Leistungstransistoren (MOSFETs) und IGBTs erörtert. Dabei wird neben statischen Kenngrößen auch auf Schaltvorgänge und Schaltverluste eingegangen sowie die physikalischen Grenzen dieser Bauelemente diskutiert.</p> <p>Nach einer Vorstellung von in Logikschaltungen integrierter Leistungsbauelemente (Smart-Power ICs) erfolgt abschließend die Diskussion von neuartigen Bauelementkonzepten auf Siliciumkarbid und Galliumnitrid, welche immer stärker an Bedeutung gewinnen.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die Funktion sowie die elektrischen Eigenschaften gängiger Leistungshalbleiterbauelemente</li> <li>• vergleichen Leistungshalbleiterbauelemente auf "Wide-Bandgap"-Materialien (SiC, GaN).</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klassifizieren Leistungsbauelemente hinsichtlich statischen und dynamischen Verlusten und Belastungsgrenzen</li> <li>• diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen gängiger Leistungshalbleiterbauelemente</li> <li>• unterscheiden Integrationskonzepte für Leistungshalbleiterbauelemente in integrierte Schaltungen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Neben den Grundkenntnissen in Physik, Chemie und Mathematik sollten die Teilnehmer die Grundlagen der Halbleiterphysik und der Halbleiterbauelemente beherrschen. Es wird empfohlen die Lerninhalte des Moduls "Halbleiterbauelemente" zu Beginn dieser Vorlesung zu wiederholen.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of Power Semiconductor Devices, B. J. Baliga, Springer, New York, 2008 ISBN: 978-0-387-47313-0</li> <li>• Halbleiter-Leistungsbaulemente, Josef Lutz, Springer, Berlin, 2006 ISBN: 978-3-540-34206-9</li> <li>• Leistungselektronische Bauelemente für elektrische Antriebe, Dierk Schröder, Berlin, Springer, 2006 ISBN: 978-3-540-28728-5</li> <li>• Physics and Technology of Semiconductor Devices, A. S. Grove, Wiley, 1967, ISBN: 978-0-471-32998-5</li> <li>• Power Microelectronics - Device and Process Technologies, Y.C. Liang und G.S. Samudra, World Scientific, Singapore, 2009 ISBN: 981-279-100-0</li> <li>• Power Semiconductors, S. Linder, EFPL Press, 2006, ISBN: 978-0-824-72569-3</li> <li>• V. Benda, J. Gowar, D. A. Grant, Power Semiconductor Devices, Wiley, 1999</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 96680	<b>Thermisches Management in der Leistungselektronik</b> Thermal management in power electronics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Thermisches Management in der Leistungselektronik (2 SWS) Übung: Übungen zu Thermisches Management in der Leistungselektronik (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Stefanie Büttner Prof. Dr. Martin März	

4	<b>Module coordinator</b>	Thomas Eberle	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des thermischen Managements</li> <li>• Komponenten des thermischen Managements</li> <li>• Anwendungs- und Auslegungsbeispiele</li> <li>• Bauelemente unter Temperaturbelastung</li> <li>• Thermische Meßtechnik</li> <li>• Elektrisch-thermische Modellierung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Für die Leistungselektronik ist das Thema Entwärmung von essentieller Bedeutung, vor allem mit Blick auf Zuverlässigkeit, Lebensdauer oder erzielbare Leistungsdichte. Die Studierenden können die Grundlagen der Entwärmung leistungselektronischer Systeme erklären. Ausgehend von den Gesetzen des Wärmetransports und den Materialeigenschaften werden Entwärmungstechniken auf Bauteil-, Schaltungsträger- und Systemebene behandelt, begleitet durch ausgewählte Anwendungs- und Auslegungsbeispiele. Die Studierenden können die für thermische Berechnungen relevanten Angaben aus Datenblättern interpretieren, lernen thermische Ersatzschaltbilder und Verfahren zu deren Parameterisierung sowie Verfahren zur Simulation transienter thermischer Vorgänge kennen.	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Leistungselektronik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Begleitendes Vorlesungsskript	

# Foundations of Product Development

1	<b>Module name</b> 94591	<b>Technische Darstellungslehre 2</b> Engineering drawing	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Technische Darstellungslehre II; FR-A (2 SWS)	-
3	Lecturers	Johannes Mayer Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack Dr.-Ing. Marcel Bartz Benjamin Gerschütz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie des Computer Aided Design</li> <li>• Einführung in die virtuelle Produktentwicklung mit CAD-Systemen</li> <li>• Grundlagen des CAD: Arten von 3D-Modellierern, Systemmodule und Eigenschaften von Modellen</li> <li>• Modellierungsstrategien, Vorgehensweise bei der Modellierung, Grundprinzipien, Besondere Modellierungsvereinfachungen im Zusammenhang mit genormten Darstellungen</li> <li>• Rechnerübung mit Hausübung an CAD-Systemen zum Anfertigen von Bauteilen, Baugruppen und technischen Zeichnungen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden erwerben Wissen über Funktion, Aufbau und Bedienung von im industriellen Umfeld eingesetzten, vollparametrischen 3D-CAD-Systemen. Die Studierenden erfahren die Bedeutung von CAD-Systemen als zentralem Synthesewerkzeug des rechnerunterstützten Produktentwicklungsprozesses im Maschinenbau und in verwandten Disziplinen.</p> <p>Hierzu erlernen die Studierenden Grundwissen über die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus und die Möglichkeiten der Rechnerunterstützung (CAx) und über die grundlegende Geometrieverarbeitung auf Rechnersystemen: Historische Entwicklung, Stand der Technik, Grundfunktionalitäten moderner CAD-Systeme, Parametrik, Assoziative Datenspeicherung, Features und Konstruktionselemente, historienbasierte und direkte Modellierung. Verstehen</p> <p>Die Studierenden gewinnen Verständnis für den Einsatz von CAD zur Definition der Produktgestalt im Hinblick auf eine durchgängige Verwendung der erzeugten Daten als Grundlage für die weitere CAx-Werkzeuge sowie für die Ableitung normgerechter Zeichnungen und Stücklisten.</p> <p>Weiterhin vertiefen die Studierenden ihr Verständnis für technische Zeichnungen gemäß DIN 199-1 indem sie die technische Zeichnung sowohl als Informationsquelle für die Modellerstellung verwenden, als auch normgerechte technische Zeichnungen ihrer erstellten 3D-CAD Modelle erstellen. Durch diese doppelte Verwendung des</p>

Kommunikationsmediums technische Zeichnung erwerben die Studierenden ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen der technischen Zeichnung und dem 3D-CAD Modell.

Die Studierenden verstehen Zusammenhänge durch:

- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Vorpraktikum (verpflichtend für MB und WING) erworbenen Kompetenzen
- Aufzeigen von Querverweisen zu den in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erworbenen Kompetenzen

Anwenden

Die Studierenden wenden das Gelernte an, indem sie das in den obligatorischen Grundlagenübungen vermittelte Wissen in verpflichtenden Vertiefungsübungen auf bisher unbekannte Bauteile transferieren. Die Studierenden werden bei der Anwendung des Wissens durch die Korrektur der abgegebenen 3D-Modelle und Zeichnungen überprüft. Den Studierenden werden die gemachten Fehler erklärt und die Möglichkeit gegeben diese zu korrigieren und so das Wissen zur Erstellung korrekter 3D-Modelle und Zeichnungen anzuwenden.

Analysieren

Die Studierenden vertiefen die in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erlangten Analysefähigkeiten technischer Zeichnungen und Funktionsskizzen zur anschließenden Erstellung eines korrekten CAD-Modells auf Basis der relevanten Informationen.

Evaluieren (Beurteilen)

Die Studierenden lesen selbstständig technische Zeichnungen und Funktionsskizzen und erlernen, deren Inhalt zu erfassen, zu beurteilen und zu hinterfragen. Dies beinhaltet insbesondere die Entwicklung einer korrekten Modellierungsstrategie auf Basis der erfassten Informationen. Die Studierenden bewerten im Rahmen der Baugruppenkonstruktionen selbstständig die funktionsrelevanten Kontakt- und Funktionsflächen der Einzelbauteile.

Erschaffen

Die Studierenden erstellen Einzelteile durch Modellieren von Volumenkörpern unter Berücksichtigung einer robusten Modellierungsstrategie, hierzu zählen:

Definieren von Geometriereferenzen und zweidimensionalen Skizzen als Grundlage für Konstruktionselemente

Erzeugen von Volumenkörpern mit Hilfe der Konstruktionselemente

Profilextrusion, Rotation, Zug und Verbund

Kombinieren von Volumenkörpern durch boolesche Operationen zu Rohbauteilen gemäß eines spannenden Fertigungsverfahrens

Detaillieren von Rohbauteilen durch Hinzufügen von Bohrungen, Fasen und Metainformationen (z. B. Toleranzangaben)

Nachträgliches Ändern der Geometrie mit Hilfe von Parametrik.

Die Studierenden erstellen Baugruppen durch Kombination von Einzelteilen unter Verwendung von Normteilibibliotheken, hierbei erlangen die Studierenden insbesondere Kompetenzen in den Bereichen:

Planen einer Baugruppenhierarchie im Hinblick auf Robustheit



		<p>Verarbeiten von Importgeometrie (Fremdformate)          Definieren von Montagebedingungen          Anwenden einfacher Baugruppenanalysefunktionen (z. B. Durchdringung und Masseigenschaften).          Die Studierenden erlernen das Ableiten norm-, funktions- und fertigungsgerechter Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen aus den 3D-CAD-Modellen, welche den Regeln der Technischen Darstellungslehre folgen, hierbei vertiefen die Studierenden die in der Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre I erworbenen Kompetenzen.          Die Studierenden erwerben die Befähigung zum Erstellen auch komplexerer Einzelteile und Baugruppen in 3D-CAD-Systemen und zum Ableiten zugehöriger technischer Zeichnungen sowie Befähigung, sich Modellierungsmöglichkeiten zu erschließen, die nicht explizit im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurden und Befähigung, die gewonnenen Erkenntnisse auf andere als im Rahmen der Lehrveranstaltung eingesetzte 3D-CAD-Systeme übertragen zu können.          Lern- bzw. Methodenkompetenz          Die Studierenden erlangen die zuvor genannten Fachkompetenzen insbesondere durch praktische Anwendung des 3D-CAD-Systems im Rahmen verpflichtender Übungsabgaben. Individuelle und kompetente Betreuung erhalten die Studierenden hierbei durch studentische Tutoren und Mitarbeiter des Lehrstuhls, wodurch sichergestellt wird, dass eine effiziente Vermittlung der Lehrinhalte trotz unterschiedlichem Kenntnisstandes der Studierenden erfolgt.          Selbstkompetenz          Die Studierenden vertiefen die Befähigung zur selbstständige Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen bei der Bearbeitung der verpflichtenden Aufgaben, hierbei erhalten die Studierenden Unterstützung durch Betreuer und studentische Tutoren.          Die Studierenden reflektieren die eigenen Stärken und Schwächen beim Umgang mit dem 3D-CAD-System und fordern eigenverantwortlich Hilfe bei den studentischen Tutoren und Mitarbeitern des Lehrstuhls ein und erweitern ihre Selbstkompetenz bezüglich des Umgangs mit fachlicher Kritik.          Sozialkompetenz          Die Studierenden vertiefen die Befähigung zur selbstständige Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen bei der Bearbeitung der verpflichtenden Aufgaben, hierbei erlangen sie die Befähigung zur kooperativen Zusammenarbeit mit anderen Studierenden, studentischen Tutoren und Mitarbeitern des Lehrstuhls.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)

12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 94711	<b>Grundlagen der Produktentwicklung</b> Foundations of product development	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack
5	<b>Contents</b>	<p><b>Einführung in die Produktentwicklung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthese und Analyse als zentrale Aufgaben</li> <li>• Vorgehensmodelle im Produktentwicklungsprozess</li> </ul> <p><b>Konstruktionswerkstoffe</b></p> <p><b>Grundlagen der Bauteilauslegung Festigkeitslehre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Versagenskriterien</li> <li>• Definition und Aufgaben der Festigkeitslehre, Prinzip</li> <li>• Ermittlung von Belastungen</li> <li>• Ermittlung von Beanspruchungen</li> <li>• Beanspruchungsarten</li> <li>• Zeitlicher Verlauf der Beanspruchung und Lastannahmen</li> <li>• Resultierende Spannungen und Vergleichsspannungen</li> <li>• Kerbwirkung und Stützwirkung</li> <li>• Weitere Einflussfaktoren auf die Festigkeit von Bauteilen</li> <li>• Maßgebliche Werkstoffkennwerte</li> <li>• Bauteildimensionierung und Festigkeitsnachweis</li> </ul> <p><b>Einführung in die Technische Produktgestaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestalten von Maschinen</li> <li>• Fertigungsgerechtes Gestalten</li> <li>• Sicherheitsgerechtes Gestalten</li> </ul> <p><b>Normung, Toleranzen, Passungen und Oberflächen</b></p> <p><b>Maschinenelemente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schweißverbindungen</li> <li>• Passfeder- und Keilwellenverbindungen</li> <li>• Bolzen- und Stiftverbindungen</li> <li>• Zylindrische Pressverbindungen</li> <li>• Kegelverbindungen</li> <li>• Spannelementverbindungen</li> <li>• Schraubenverbindungen</li> <li>• Wälzlager</li> <li>• Gleitlager</li> <li>• Dichtungen</li> <li>• Stirnräder und Stirnradgetriebe</li> <li>• Kupplungen</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b></p> <p>Im Rahmen von GPE erlangen die Studierenden grundlegende Kenntnisse im Bereich der Maschinenelemente. Die Studierenden sind vertraut mit Fachbegriffen und können Wissen zu folgenden Themenbereichen wiedergeben:</p>

- Gestalten von Maschinenbauteilen unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungsgerechtigkeit
- Normen (DIN, EN, ISO), Richtlinien (VDI, FKM) und Standards im Kontext des Maschinenbaus
- herstell- und messbedingte Abweichungen sowie zu vergebende Toleranzen für Maß, Form, Lage und Oberfläche bei Maschinenbauteilen
- rotatorische Wälzlager und Wälzlagerungen, insbesondere Wissen über die gängigen Radial- und Axialwälzlagerbauformen, deren spezifische Merkmale und Eigenschaften sowie deren sachgerechte Einbindung in die Umgebungskonstruktion
- Getriebe als wichtige mechanische Komponente in Antriebssträngen

### **Verstehen**

Die Studierenden verstehen Zusammenhänge zu erarbeitetem Wissen durch die Erschließung von Querverbindungen zu den in folgenden Lehrveranstaltungen erworbenen bzw. zu erwerbenden Kompetenzen:

- Lehrveranstaltung Produktionstechnik und Technische Produktgestaltung
- Lehrveranstaltung Technische Darstellungslehre
- Lehrveranstaltung Messtechnik

Die Studierenden gewinnen ein allgemeines Verständnis für:

- das Konstruieren von Maschinen als methodischer Prozess unter besonderer Beachtung von Synthese und Analyse als zentrale Aufgaben der Produktentwicklung und auf Basis der Begriffe Merkmale und Eigenschaften nach der Definition von WEBER. Mit Fokus auf VDI 2221 ff verstehen die Studierenden Vorgehensmodelle in Produktentwicklungsprozessen. Hierbei werden Querverweise zu den in der Lehrveranstaltung Methodisches und rechnerunterstütztes Konstruieren zu erwerbenden Kompetenzen aufgezeigt.
- die Konstruktionswerkstoffe, deren spezifische Eigenschaften sowie Möglichkeiten zur Beschreibung des Festigkeits-, Verformungs- und Bruchverhaltens. Unter Konstruktionswerkstoffen werden insbesondere Eisenwerkstoffe, daneben auch Nichteisenmetalle, Polymerwerkstoffe und spezielle neue Werkstoffe, z. B. Verbundwerkstoffe, verstanden. Es werden Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Werkstoffkunde erworbenen Kompetenzen erschlossen.

Die Studierenden gewinnen ein Verständnis für Maschinenbauteile im Hinblick auf deren rechnerische Auslegung und konstruktive Gestaltung unter Berücksichtigung des Werkstoffverhaltens, der Geometrie und der auf das Bauteil einwirkenden Lasten. Hierzu:

- Unterscheidung von Nennspannungen und örtlichen Spannungen

- Verständnis für mehrachsige Beanspruchungszustände und Festigkeitshypothesen in Verbindung mit den werkstoffspezifischen Versagenskriterien
- Verständnis für die Auswirkungen von Kerben auf Maschinenbauteile unter statischer und dynamischer Beanspruchung
- Verständnis für Werkstoffkennwerte und den Einfluss der Bauteilgröße und des Oberflächenzustandes sowie Gegenüberstellung zu dazugehörigen Versagenskriterien.

Die Studierenden gewinnen ein funktionsorientiertes Verständnis für und Überblick zu gängigen Maschinenelementen sowie Vertiefung zahlreicher Maschinenelemente unter Berücksichtigung derer spezifischen Merkmale, Eigenschaften und Einsatzbedingungen. Insbesondere wird hierbei ein Schwerpunkt auf das Erlangen eines Verständnisses für Wirkprinzipien und Gestaltung gelegt. Im Einzelnen für:

- Schweißverbindungen
- formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen
- Bolzen- und Stiftverbindungen
- reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen
- Elemente von Schraubenverbindungen unter besonderer Berücksichtigung des Maschinenelements Schraube (Gewinde), sowie Schraubensicherungen
- rotatorische Wälzlager und Wälzlagerungen. Hierzu ein Verständnis für die konstruktive Gestaltung von Wälzlagerstellen, insbesondere Passungswahl und Lageranordnungen
- statische und dynamische Dichtungen und deren Klassifizierung sowie die Auswahl von Dichtungen unter Berücksichtigung gegebener technischer Randbedingungen
- Basiswissen über Antriebssysteme, Antriebsstränge und Antriebskomponenten, Verständnis für Last- und Beschleunigungsdrehmomente und zu reduzierende Trägheitsmomente. Hierbei Aufzeigen von Querverweisen zu den in den Lehrveranstaltungen Regelungstechnik und Elektrische Antriebstechnik zu erwerbenden Kompetenzen
- Zahnradgetriebe mit Fokus auf Stirnräder und Stirnradgetriebe. Hierbei Verständnis des Verzahnungsgesetzes und der Geometrie der Evolventenverzahnung für Gerad- und Schrägverzahnung
- nicht-schaltbare und schaltbare Kupplungen, Klassifizieren von Kupplungen nach deren Funktions- und Wirkprinzipien, Auswahl von Kupplungen unter Berücksichtigung gegebener technischer Randbedingungen

#### **Anwenden**

Die Studierenden vertiefen Teile des unter Punkt 1.2 beschriebenen Verständnisses durch die Anwendung von spezifischen Berechnungsmethoden. Dies umfasst insbesondere folgende Themenbereiche:

- Berechnung von Maßtoleranzen
- Berechnung von Schweißverbindungen und der Tragfähigkeit von Schweißverbindungen nach dem Verfahren von NIEMANN
- Berechnung formschlüssiger Welle-Nabe-Verbindungen, insbesondere Passfederverbindungen auf Basis von DIN 6892 und Keilwellenverbindungen sowie deren Gültigkeitsgrenzen
- Berechnung einfacher Bolzen- und Stiftverbindungen sowie deren Gültigkeitsgrenzen
- Berechnung von zylindrischen Quer- und Längspressverbänden in Anlehnung an DIN 7190 (elastische Auslegung) sowie von Kegelpressverbänden
- Überprüfung längs- und querbelasteter, vorgespannter Schraubenverbindungen in Anlehnung an VDI 2230 im Hinblick auf Anziehdrehmoment, Bruch, Fließen und Dauerbruch der Schraube unter Einfluss von Setzvorgängen und Schwankungen beim Anziehen
- Berechnung der Tragfähigkeit von Wälzlagern für statische und dynamische Betriebszustände auf Basis von DIN ISO 76 und DIN ISO 281 (nominelle und erweiterte modifizierte Lebensdauer)
- Berechnung von Übersetzungen, Wirkungsgraden und Drehmomentverhältnissen in Getrieben
- Berechnung von Verzahnungsgeometrien auf Basis von DIN 3960
- Berechnung von am Zahnrad wirkenden Kräften und Ermittlung der Zahnfuß- und der Grübchentragfähigkeit in Anlehnung an DIN 3990 sowie deren Gültigkeitsgrenzen

### **Analysieren**

Die Studierenden erlernen mithilfe dem Verständnis aus 1.2 und den Berechnungsmethoden aus 1.3 definierte Problemstellungen im Kontext der Maschinenelemente sowie deren Zusammenwirken zu lösen.

Hierzu gehört:

- Analyse der auf ein Bauteil wirkenden Belastungen. Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Statik erworbenen Kompetenzen
- Analyse der aus den Belastungen resultierenden Beanspruchungen mit Fokus auf die Beanspruchung stabförmiger Bauteile, Kontaktbeanspruchung sowie Instabilität stabförmiger Bauteile (Knicken). Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Elastostatik erworbenen Kompetenzen
- Analyse und Beurteilung von Lastannahmen sowie des zeitlichen Verlaufs von Beanspruchungen (statisch, dynamisch)
- Ermittlung von Kerbspannungen auf Basis von Kerbform-, Kerbwirkungszahlen und plastischen Stützzahlen unter Berücksichtigung von Oberflächeneinflüssen
- Auswahl von Vergleichsspannungshypothesen und Ermittlung von Vergleichsspannungen

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl von Maßtoleranzen</li> <li>• Auswahl von Wälzlagern und Grobgestaltung von Wälzlagerstellen. Hierbei erschließen von Querverbindungen zu den in der Lehrveranstaltung Wälzlagertechnik zu erwerbenden Kompetenzen</li> <li>• Auswahl gängiger Maschinenelemente unter Funktions Gesichtspunkten sowie Auslegen ausgewählter Maschinenelemente</li> </ul> <p><b>Evaluieren (Beurteilen)</b> Die Studierenden erlernen über die Analyse hinaus die Möglichkeiten zur Einschätzung ihrer Berechnungen. Besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf der Überprüfung der Festigkeit von Maschinenbauteilen im Zuge von Dimensionierungsaufgaben und Tragfähigkeitsnachweisen in Anlehnung an die einschlägige FKM-Richtlinie sowie Beurteilung der durchgeführten Berechnungen unter besonderer Berücksichtigung von Unsicherheiten, welche Ausdruck in der Wahl von Mindestsicherheiten finden.</p> <p>Die Studierenden erlernen somit Möglichkeiten zur Beurteilung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Funktions Gesichtspunkten</li> <li>• Auswahl und Auslegung von Maschinenelementen unter Tragfähigkeits Gesichtspunkten</li> </ul> <p><b>Lern- bzw. Methodenkompetenz</b> Die Studierenden erlernen Verfahren und Methoden zur Einschätzung und Bewertung von Maschinenelementen, einschließlich der Befähigung, Berechnungsansätze und Gestaltungsgrundsätze auch auf andere Maschinenelemente, die nicht explizit im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt wurden, zu übertragen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	Es werden empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Darstellungslehre I</li> <li>• Statik und Festigkeitslehre</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 97110	<b>Technische Produktgestaltung</b> Technical product design	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Technische Produktgestaltung (4 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack Dr.-Ing. Stefan Götz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Technische Produktgestaltung</li> <li>• Baustrukturen technischer Produkte</li> <li>• Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung</li> <li>• toleranzgerechtes Konstruieren</li> <li>• kostengerechtes Konstruieren</li> <li>• beanspruchungsgerechtes Konstruieren</li> <li>• werkstoffgerechtes Konstruieren</li> <li>• Leichtbau</li> <li>• umweltgerechtes Konstruieren</li> <li>• nutzerzentrierte Produktgestaltung</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen</p> <p>Im Rahmen von TPG erwerben die Studierenden Kenntnisse zur Berücksichtigung verschiedener Aspekte des Design-for-X bei der Entwicklung technischer Produkte. Nach der erfolgreichen Teilnahme kennen sie die jeweiligen Gestaltungsrichtlinien und zugehörige Methoden. Dies sind im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissen über Möglichkeiten zur Umsetzung des Leichtbaus und daraus abgeleitet über spezifische Gestaltungsrichtlinien, die im Rahmen des Leichtbaus zu berücksichtigen sind, hierzu: Beanspruchungsgerechtes Konstruieren (Kraftfluss, Prinzip der konstanten Gestaltfestigkeit, Kerbwirkung, Prinzip der abgestimmten Verformung, Prinzip des Kräfteausgleichs)</li> <li>• Wissen über werkstoffgerechtes Konstruieren (Anforderungs- und Eigenschaftsprofil, wirtschaftliche Werkstoffauswahl, Auswirkung der Werkstoffwahl auf Fertigung, Lebensdauer und Gewicht)</li> <li>• Wissen über die Auswirkungen eines Produktes (und insbesondere der vorhergehenden Konstruktion) auf Umwelt, Kosten und den Nutzer, hierzu: Umweltgerechtes Konstruieren (Recycling, Einflussmöglichkeiten in der Produktentwicklung, Strategien zur Berücksichtigung von Umweltaspekten, Life Cycle Assessment, Produktinstandsetzung, Design for Recycling)</li> <li>• Wissen über kostengerechtes Konstruieren (Beeinflussung der Lebenslauf-, Herstell- und Selbstkosten in der Produktentwicklung, Auswirkungen der Stückzahl und der Fertigungsverfahren, Entwicklungsbegleitende Kalkulation)</li> <li>• Wissen über nutzerzentrierte Produktentwicklung (Anthropometrie, Nutzerintegration in der Produktentwicklung,</li> </ul>	



Mensch-Maschine-Schnittstellen, Beeinträchtigungen im Alter, Universal Design, Gestaltungsrichtlinien nach dem SENSI-Regelkatalog, etc.)

- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Urformens" (Gießen, Pulvermetallurgie, Additive Fertigung)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Umformens" (Schmieden, Walzen, Biegen, Scheiden, Tiefziehen, Stanzen, Fließpressen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Trennens" (Zerteilen, Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen, Erodieren)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Fügens" (Schweißen, Löten, Nieten, Durchsetzfügen, Kleben, Fügen durch Urformen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien der Fertigungsverfahren des Beschichtens und Stoffeigenschaften ändern" (Schmelztauchen, Lackieren, Thermisches Spritzen, Physical Vapour Deposition, Chemical Vapour Deposition, Galvanische Verfahren, Pulverbeschichten, Vergüten, Glühen)
- Wissen über spezifische Gestaltungsrichtlinien des montagegerechten Konstruierens bzgl. der Baustruktur technischer Produkte (Integral-, Differential und Verbundbauweise, Produktstrukturierung, Variantenmanagement, Modularisierung) und des Montageprozesses (Gestaltung der Fügeteile und Fügestellen, Automatisches Handhaben und Speichern, Toleranzausgleich, DFMA)
- Wissen über spezifische Inhalte des toleranzgerechten Konstruierens (insbesondere Grundlage der geometrischen Tolerierung und die Vorgehensweise zur Vergabe von Toleranzen)

Verstehen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls "Technische Produktgestaltung" verfügen die Studierenden über Verständnisse hinsichtlich der technischen und nicht-technischen Einflussfaktoren und deren Abhängigkeiten bei der Gestaltung technischer Produkte ausgehend von der Produktstruktur bis zur konstruktiven Bauteilgestaltung. Hierbei stehen besonders die folgenden Verständnisse im Fokus:

- Verständnis über die Spezifikation von Toleranzen, Passungen und Oberflächen in Technischen Zeichnungen unter Berücksichtigung deren Auswirkungen auf Fertigung, Montage und den Betrieb des Produktes, hierzu:  
Verständnis der Vorgehensweise zur Toleranzspezifikation sowie erforderlicher Grundlagen zur Tolerierung von Bauteilen (Allgemeintoleranzen, wirkliche und abgeleitete Geometrielemente, Hüllbedingung, Unabhängigkeitsprinzip,

Inklusion verschiedener Toleranzarten, Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte, statistische Toleranzanalyse, etc.)

- Verständnis über Fertigung und Montage sowie über die Bedeutung des Design-for-X und insbesondere des fertigungsgerechten Konstruierens im Produktentwicklungsprozess
- Verständnis über die Berücksichtigung nicht-technischer Faktoren, wie beispielsweise Umwelt-, Kosten- und Nutzeraspekten, und deren Wechselwirkungen bei der Gestaltung technischer Produkte.

#### Anwenden

Die Studierenden wenden im Rahmen von Übungsaufgaben Gelerntes an. Dabei werden bestehende Entwürfe und Konstruktionen durch die Studierenden entsprechend der vermittelten Gestaltungsrichtlinien optimiert und neue Konstruktionen unter Einhaltung dieser Gestaltungsrichtlinien erschaffen. Dies beinhaltet im Einzelnen:

- Erstellung der fertigungsgerechten und montagegerechten Tolerierung von Bauteilen. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Bestimmen der zugrundeliegenden Bezugssysteme und Ausrichtungskonzepte; Bestimmen des Tolerierungsgrundsatzes. Integration von, durch Normen definierte Toleranz- und Passungsvorgaben in bestehende Tolerierungen; Zusammenfassen kombinierbarer Form- und Lagetoleranzen zu Zeichnungsvereinfachung; Festlegung der Größen der Toleranzzonen aller vergebenen Toleranzen.
- Optimierung der Tolerierung anhand der statistischen Toleranzanalyse. Dies umschließt folgende Tätigkeiten: Erkennen und Ableiten der analytischen Schließmaßgleichungen; Definition der zugrundeliegenden Toleranzwerten und zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen; Berechnung der resultierenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schließmaße; analytische Bestimmung der statistischen Beitragsleistung mittels lokaler Sensitivitätsanalysen; Beurteilung der Ergebnisse und ggf. anschließende Anpassung der Tolerierung der Bauteile; Transfer der Ergebnisse auf zeitabhängige Mechanismen (kinematische Systeme).
- Änderung der Gestaltung von Bauteilen, bedingt durch die Änderung der zu fertigenden Stückzahl der Baugruppe. Dies umschließt die folgenden Tätigkeiten: Bestimmung des konstruktiven Handlungsbedarfs; Anpassung der Gestaltung der Bauteile insbesondere hinsichtlich der fertigungsgerechten und der montagegerechten Gestaltung. Gestaltung der erforderlichen Werkzeuge zur Fertigung der Bauteile und Bewertung dieser bzgl. der resultierenden Kosten.

#### Analysieren

- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Produktionstechnik zu erwerbenden Kompetenzen über die Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580
- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Handhabungs- und Montagetechnik zu erwerbenden Kompetenzen über montagegerechtes Konstruieren
- Aufzeigen von Querverweisen zu den im Modul Umformtechnik zu erwerbenden Kompetenzen über Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Umformen nach DIN 8580

#### Evaluieren (Beurteilen)

Anhand der erlernten Grundlagen über unterschiedliche Aspekte des Design-for-X, deren Berücksichtigung bei der Gestaltung technischer Produkte durch Gestaltungsrichtlinien, Methoden, und Vorgehensweisen sowie den dargelegten Möglichkeiten zur Rechnerunterstützung können die Studierenden kontextbezogene Richtlinien für die Gestaltung technischer Produkte in unbekanntem Konstruktionsaufgaben auswählen und deren Anwendbarkeit einschätzen. Zudem sind sie in der Lage konträre Gestaltungsrichtlinien aufgabenspezifisch abzuwägen.

#### Erschaffen

Die Studierenden werden durch die erlernten Grundlagen befähigt, konkrete Verbesserungsvorschläge zu bestehenden Konstruktionen hinsichtlich unterschiedlicher Design-for-X Aspekte eigenständig zu erarbeiten. Zudem sind sie in der Lage technische Produkte so zu gestalten, dass diese verschiedenste technische und nicht-technische Anforderungen (fertigungsbezogene Anforderungen, Kostenanforderungen, Umweltaforderungen, Nutzeranforderungen, etc.) bedienen. Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, Gestaltungsrichtlinien für neuartige Fertigungsverfahren aus grundlegenden Verahreigenschaften abzuleiten und bei der Gestaltung technischer Produkte anzuwenden.

#### Lern- bzw. Methodenkompetenz

Befähigung zur selbständigen Gestaltung von Produkten und Prozessen gemäß erlernter Vorgehensweisen und Richtlinien sowie unter verschiedensten Design-for-X-Aspekten sowie zur objektiven Bewertung bestehender Produkte und Prozesse hinsichtlich gestellter Anforderungen des Design-for-X.

#### Selbstkompetenz

Befähigung zur selbständigen Arbeitseinteilung und Einhaltung von Meilensteinen. Objektive Beurteilung sowie Reflexion der eigenen Stärken und Schwächen sowohl in fachlicher (u. a. Umsetzung der gelehrten Richtlinien des Design-for-X in der Konstruktion) als auch in sozialer Hinsicht (u. a. Erarbeitung von Lösungen und Kompromissen im interdisziplinären Team).

#### Sozialkompetenz

Die Studierenden organisieren selbstständig die Bearbeitung von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen und erarbeiten gemeinsam Lösungsvorschläge für die gestellten Übungsaufgaben. In der

		gemeinsamen Diskussion erarbeiteter Lösungen geben Betreuer und Kommilitonen wertschätzendes Feedback.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Grundlagen der Produktentwicklung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Manufacturing automation and production engineering

1	<b>Module name</b> 97121	<b>Handhabungs- und Montagetechnik</b> Industrial handling and assembly technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Handhabungs- und Montagetechnik (2 SWS) Vorlesung: Handhabungs- und Montagetechnik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Jonas Walter Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	
5	<b>Contents</b>	<p>Im Vertiefungsfach Handhabungs- und Montagetechnik wird die gesamte Verfahrenskette von der Montageplanung bis zur Inbetriebnahme der Montageanlagen für mechanische sowie elektrotechnische Produkte aufgezeigt. Einleitend erfolgt die Darstellung von Planungsverfahren sowie rechnergestützte Hilfsmittel in der Montageplanung. Daran schließt sich die Besprechung von Einrichtungen zur Werkstück- und Betriebsmittelhandhabung in flexiblen Fertigungssystemen und für den zellenübergreifenden Materialfluß an. Desweiteren werden Systeme in der mechanischen Montage von Klein- und Großgeräten, der elektromechanischen Montage und die gesamte Verfahrenskette in der elektrotechnischen Montage diskutiert (Anforderung, Modellierung, Simulation, Montagestrukturen, Wirtschaftlichkeit etc.). Abrundend werden Möglichkeiten zur rechnergestützten Diagnose/Qualitätssicherung und Fragestellungen zu Personalmanagement in der Montage und zum Produktrecycling/-demontage behandelt.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Montagefreundlichkeit von Produkten zu beurteilen und zu verbessern,</li> <li>• Montage- und Handhabungsprozesse zu beurteilen, auszuwählen und zu optimieren,</li> <li>• die dazu erforderlichen Geräte, Vorrichtungen und Werkzeuge zu bewerten, und</li> <li>• Montageprozesse sowie -systeme zu konzipieren, zu planen und weiterzuentwickeln.</li> </ul> <p>Dieses Wissen ist vor allem in den Bereichen Produktentwicklung, Konstruktion, Produktionsmanagement, Fertigungsplanung, Einkauf, Vertrieb und Management sowie in allen industriellen Branchen (z. B. Automobilbau, Elektrotechnik, Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau) erforderlich.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	

12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldmann, Klaus; Schöppner, Volker; Spur, Günter (Hg.) (2014): Handbuch Fügen, Handhaben, Montieren. 2., vollständig neu bearbeitete Auflage. München: Hanser.</li> <li>• Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (2012): Montage in der industriellen Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.</li> <li>• Rainer Müller, Jörg Franke, Dominik Henrich, Bernd Kuhlenkötter, Annika Raatz, Alexander Verl (Hg.) (2019): Handbuch Mensch-Roboter-Kollaboration: Hanser Fachbuchverlag.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 94570	<b>Produktionstechnik I und II</b> Production engineering I+II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Produktionstechnik II (2 SWS) Vorlesung: Produktionstechnik I (2 SWS) Tutorium: Produktionstechnik II - Tutorium (2 SWS) Tutorium: Produktionstechnik I Tutorium ( 2 SWS, WiSe 2024)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Andreas Röcklein Prof. Dr. Nico Hanenkamp Simon Sauer Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Nico Hanenkamp Prof. Dr.-Ing. Marion Merklein
5	<b>Contents</b>	<p>*Produktionstechnik I:*</p> <p>Basierend auf der DIN 8580 werden die aktuellen Technologien sowie die dabei eingesetzten Maschinen in den Bereichen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und das Ändern der Stoffeigenschaften behandelt. Hierbei werden sowohl die Prozessketten als auch die spezifischen Eigenschaften der Produktionstechniken aufgezeigt und anhand von praxisrelevanten Bauteilen erläutert. Zum besseren Verständnis der Verfahren werden zunächst metallkundliche Grundlagen, wie der mikrostrukturelle Aufbau von metallischen Werkstoffen und ihr plastisches Verhalten, erläutert. Im weiteren Verlauf erfolgt eine Gegenüberstellung der Verfahren der Massivumformung Stauchen, Schmieden, Fließpressen und Walzen. Im Rahmen des Kapitels Blechumformung wird die Herstellung von Bauteilen durch Tiefziehen, Streckziehen und Biegen betrachtet. Der Fokus in der Vorstellung der Verfahrensgruppe Trennen liegt auf den Prozessen des Zerteilens und Spanens. Der Bereich Fügen behandelt die Herstellung von Verbindungen mittels Umformen, Schweißen und Löten. Abschließend werden verschiedene strahlbasierte Fertigungsverfahren aus den sechs Bereichen vorgestellt. Im Fokus stehen hierbei laserbasierte Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel Schweißen, Schneiden oder Additiven Fertigung. Eine zusätzlich angebotene Übung dient der Vertiefung und der Anwendung des Vorlesungsinhaltes. Außerdem wird die Verarbeitung von Kunststoffen (Spritzgießen, Erzeugung von duroplastischen / thermoplastischen Faserverbunden) behandelt.</p> <p>*Produktionstechnik II:*</p> <p>Des Weiteren werden die Grundlagen zu Werkzeugmaschinen und dem Werkzeugmaschinenbau (Maschinenkomponenten, Funktionalitäten, Anwendungs- / Einsatzmöglichkeiten) sowie zu Montagetechnologien und Verbindungstechniken (Auslegung von Verbindungen, prozesstechnische Umsetzung und Realisierung)</p>



		vermittelt. Einen weiteren Schwerpunkt stellen der Elektromaschinenbau und die Elektronikproduktion (Funktionsweise und Herstellung von elektronischen Antriebseinheiten, Auslegung und Herstellung von elektronischen Komponenten) dar. Anschließend werden die Urformverfahren Gießen und Pulvermetallurgie dargestellt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse in der Metallkunde und der Verarbeitung von Metallen.</li> <li>• Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Produktionsverfahren Urformen, Umformen, Fügen, Trennen, ihre Untergruppen</li> <li>• Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Prozessverständnis hinsichtlich der wirkenden Mechanismen.</li> <li>• Die Studierenden erwerben Wissen über die Prozessführung sowie spezifische Eigenschaften der Produktionsverfahren.</li> <li>• Die Studierenden erwerben grundlegendes Verständnis zu den Eigenschaften von Kunststoffen und deren Verarbeitung</li> <li>• Die Studierenden erwerben Kenntnisse über werkstoffwissenschaftliche Aspekte und Werkstoffeigenschaften sowie Werkstoffverhalten vor und nach den jeweiligen Bearbeitungsprozessen</li> <li>• Die Studierenden erwerben fundamentale Kenntnisse zu Multi-Materialien-Verbunden.</li> <li>• Die Studierenden erlangen grundlegende Kenntnisse zur Funktionsweise von elektrischen Antriebseinheiten und deren Herstellung sowie die Herstellung von elektrischen Komponenten (MID)</li> <li>• Die Studierenden erhalten grundlegende Kenntnisse im Bereich der Produktentwicklung und Produktauslegung (Verfahrensmöglichkeiten, Verfahrensgrenzen, Designeinschränkungen, etc.)</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Prinzipien von Fertigungsprozessen und der Systemauslegung zu verstehen</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Grundlagen des Anlagen- und Werkzeugbaus</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können die verschiedenen Fertigungsverfahren erkennen und normgerecht differenzieren</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 97101	<b>Produktionssystematik</b> Production systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	<b>Contents</b>	Das Modul Produktionssystematik thematisiert die gesamte Bandbreite der technischen Betriebsführung von der Planung, Organisation und technischen Auftragsabwicklung bis hin zu Fragen des Management und der Personalführung, Entlohnung sowie Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Im Rahmen dieses Moduls findet eine Vorlesung und eine Übung statt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studierenden in der Lage sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können;</li> <li>• sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden;</li> <li>• die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen;</li> <li>• die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211 Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Applied Mechanics

1	<b>Module name</b> 94500	<b>Dynamik starrer Körper</b> Dynamics of rigid bodies	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik von Punkten und starren Körpern</li> <li>• Relativkinematik von Punkten und starren Körpern</li> <li>• Kinetik des Massenpunktes</li> <li>• Newton'sche Axiome</li> <li>• Energiesatz</li> <li>• Stoßvorgänge</li> <li>• Kinetik des Massenpunktsystems</li> <li>• Lagrange'sche Gleichungen 2. Art</li> <li>• Kinetik des starren Körpers</li> <li>• Trägheitstensor</li> <li>• Kreiselgleichungen</li> <li>• Schwingungen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind vertraut mit den grundlegenden Begriffen und Axiomen der Dynamik;</li> <li>• können Bewegungen von Massepunkten und starren Körpern in verschiedenen Koordinatensystemen beschreiben;</li> <li>• können die Bewegungsgleichungen von Massepunkten und starren Körpern mittels der Newtonschen Axiome oder mittels der Lagrangeschen Gleichungen aufstellen;</li> <li>• können die Bewegungsgleichungen für einfache Stoßprobleme lösen;</li> <li>• können die Bewegungsgleichung für einfache Schwingungsprobleme analysieren.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Kenntnisse aus dem Modul ["Statik, Elastostatik und Festigkeitslehre"] bzw. ["Statik und Festigkeitslehre"]	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Technische Mechanik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 3, Berlin:Springer, 2006	

1	<b>Module name</b> 94660	<b>Statik und Festigkeitslehre</b> Statics and mechanics of materials	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Statik und Festigkeitslehre (V) (3 SWS) Tutorium: Statik und Festigkeitslehre (Tut) (2 SWS) Übung: Statik und Festigkeitslehre (Ü) (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Xiyu Chen Martina Stavole David Holz Denisa Martonová	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Prof. Dr.-Ing. Kai Willner
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraft- und Momentenbegriff, Axiome der Statik</li> <li>• ebene und räumliche Statik</li> <li>• Flächenmomente 1. und 2. Ordnung</li> <li>• Haft- und Gleitreibung</li> <li>• Spannung, Formänderung, Stoffgesetz</li> <li>• überbestimmte Stabwerke, Balkenbiegung</li> <li>• Torsion</li> <li>• Elastizitätstheorie und Festigkeitsnachweis</li> <li>• Stabilität</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Wissen</p> <p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die axiomatischen Grundlagen der Technischen Mechanik sowie die entsprechenden Fachtermini.</li> <li>• das Schnittprinzip und die Einteilung der Kräfte in eingeprägte und Reaktionskräfte bzw. in äußere und innere Kräfte.</li> <li>• die Gleichgewichtsbedingungen am starren Körper.</li> <li>• das Phänomen der Haft- und Gleitreibung.</li> <li>• die Begriffe der Verzerrung und Spannung sowie das linear-elastische Stoffgesetz.</li> <li>• den Begriff der Hauptspannungen sowie das Konzept der Vergleichsspannung und Festigkeitshypothesen.</li> <li>• das Problem der Stabilität und speziell die vier Eulerschen Knickfälle für ein schlankes Bauteil unter Drucklast.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Kräfte nach verschiedenen Kriterien klassifizieren.</li> <li>• können verschiedene Lagerungsarten unterscheiden und die entsprechenden Lagerreaktionen angeben.</li> <li>• können den Unterschied zwischen statisch bestimmten und unbestimmten Systemen erklären.</li> <li>• können den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung erläutern.</li> <li>• können das linear-elastische, isotrope Materialgesetz angeben und die Bedeutung der Konstanten erläutern.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Voraussetzungen der Euler-Bernoulli-Theorie schlanker Balken erklären.</li> <li>• verstehen die Idee der Vergleichsspannung und können verschiedene Festigkeitshypothesen erklären.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Schwerpunkt eines Körpers bestimmen.</li> <li>• ein System aus mehreren Körpern geeignet freischneiden und die entsprechenden eingprägten Kraftgrößen und die Reaktionsgrößen eintragen.</li> <li>• für ein statisch bestimmtes System die Reaktionsgrößen aus den Gleichgewichtsbedingungen ermitteln.</li> <li>• die Schnittreaktionen für Stäbe und Balken bestimmen.</li> <li>• die Spannungen im Querschnitt schlanker Bauteile (Stab, Balken) unter verschiedenen Belastungen (Zug, Biegung, Torsion) ermitteln.</li> <li>• die Verformungen schlanker Bauteile ermitteln.</li> <li>• aus einem gegebenen, allgemeinen Spannungszustand die Hauptspannungen sowie verschiedene Vergleichsspannungen ermitteln.</li> <li>• die kritische Knicklast für einen gegebenen Knickfall bestimmen.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein geeignetes Modell für schlanke Bauteile anhand der Belastungsart und Geometrie auswählen.</li> <li>• ein problemangepasstes Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Reaktionsgrößen und Verformungen auch an statisch unbestimmten Systemen wählen.</li> <li>• eine geeignete Festigkeitshypothese wählen.</li> <li>• den relevanten Knickfall für gegebene Randbedingungen identifizieren.</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Spannungszustand in einem Bauteil hinsichtlich Aspekten der Festigkeit bewerten.</li> <li>• den Spannungszustand in einem schlanken Bauteil hinsichtlich Aspekten der Stabilität bewerten.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Alle Informationen zum Ablauf der Lehrveranstaltung werden über den StudOn-Kurs kommuniziert. Deshalb bitten wir Sie, sich unter <a href="https://www.studon.fau.de/cat5282.html">https://www.studon.fau.de/cat5282.html</a> einzuschreiben. Der Beitritt ist nicht, wie sonst üblich, passwortgeschützt, sondern erfolgt nach Bestätigung durch den Dozenten. Dies geschieht mitunter nicht umgehend, aber rechtzeitig vor dem ersten Termin. Wir bitten um Ihr Verständnis.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!

9	<b>Module compatibility</b>	Technische Mechanik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 105 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 1, Berlin:Springer 2006</li> <li>• Gross, Hauger, Schnell, Wall: Technische Mechanik 2, Berlin:Springer 2007</li> </ul>



# Quality management and manufacturing metrology

1	<b>Module name</b> 94510	<b>Grundlagen der Messtechnik</b> Fundamentals of metrology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Inhalt (Vorlesung):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Grundlagen</li> <li>• Was ist Metrologie: Metrologie und Teilgebiete, Einsatzbereiche, historische Entwicklung des Einheitssystems, SI-Einheitensystem SI-Einheiten (cd, K, kg, m, s, A, mol) Größe, Größenwert Extensive und intensive Größen Messung, Messgröße, Maßeinheit, Messergebnis, Messwert, Gebrauch und korrekte Angabe der Einheiten, Schreibweisen von Größenwerten, Angabe von Einheiten Grundvoraussetzungen für das Messen Rückführung der Einheiten</li> <li>• Messprinzipien, Messmethoden und Messverfahren: Messprinzip, Messmethode, Messverfahren Einteilung der Messmethoden, Ausschlagmessmethode, Differenzmessmethode, Substitutionsmessmethode und Nullabgleichmethode (Kompensationsmethode) Prinzip eines Messgerätes, direkte und indirekte Messmethoden Kennlinie und Kennlinienarten, analoge und digitale Messmethoden, kontinuierliche und diskontinuierliche Messung, Auflösung, Empfindlichkeit, Messbereich absolute und inkrementelle Messmethoden</li> <li>• Statistik Auswertung von Messreihen: Berechnung eines Messergebnisses anhand von Messreihen Grundbegriffe der deskriptiven Statistik Darstellung und Interpretation von Messwertverteilungen (Histogramme) Häufigkeit (absolute, relative, kumulierte, relative kumulierte) Berechnung und Interpretation grundlegender Parameter: Lage (Mittelwert, Median, Modus), Streuung (Spannweite, Varianz, Standardabweichung, Variationskoeffizient), Form (Schiefe, Kurtosis bzw. Exzess) Grundbegriffe der Stochastik, Wahrscheinlichkeiten, Verteilungen (Rechteck-, U- und Normalverteilung), Zentraler Grenzwertsatz, statistische Momente Grundbegriffe der analytischen Statistik, statistische Tests und statistische Schätzverfahren Korrelation und Regression</li> <li>• Messabweichungen und Messunsicherheit: Messwert, wahrer Wert, Ringvergleich, vereinbarter Wert Einflüsse auf die Messung (Ishikawa-Diagramm) Messabweichung (absolute, relative, systematische, zufällige) Umgang mit Messabweichungen, Korrektur bekannter systematischer Messabweichungen Kalibrierung, Verifizierung, Eichung Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit</li> </ul>	

Wiederholbedingungen/-präzision, Vergleichsbedingungen/-präzision, Erweiterte Vergleichsbedingungen/-präzision Fehlerfortpflanzungsgesetz (altes Konzept), Messunsicherheit, Eigenunsicherheit, Übersicht über Standardverfahren des GUM (Messunsicherheit), korrekte Angabe eines Messergebnisses

- Messgrößen des SI-Einheitensystems
- Messen elektrischer Größen und digitale Messtechnik: SI-Basiseinheit Ampere, Widerstands- und Spannungsnormale, Messung von Strom und Spannung, Lorentzkraft, Drehspulmesswerk, Bereichsanpassung Widerstandsmessung, strom- und spannungsrichtige Messung, Wheatstonesche Brückenschaltung (Viertel-, Halb- und Vollbrücke, Differenzmethode und Kompensationsmethode) Charakteristische Werte sinusförmiger Wechselgrößen, Dreheisenmesswerk, Wechselspannungsbrücke Messsignale, dynamische Kennfunktionen und Kennwerte, Übertragungsfunktionen (Frequenzgänge) Digitalisierungskette, Zeit- und Wertdiskretisierung, Alias-Effekte, Shannons Abtasttheorem, Filter, Operationsverstärker (Invertierender Verstärker, Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler, invertierender Addierer, Differenzverstärker, Integrierer, Differenzierer, Instrumentenverstärker), Abtast-Halte-Glied, Analog-Digital-Wandlung, Abweichungen bei der Analog-Digital-Wandlung Universelle Messgeräte (Digitalmultimeter, analoge und digitale Oszilloskope)
- Messen optischer Größen: Licht und Eigenschaften des Lichtes Empfindlichkeitsspektrum des Auges Radiometrie und Photometrie SI-Basiseinheit Candela (cd, Lichtstärke) Strahlungsfluss, radiometrisches (fotometrisches) Grundgesetz, photometrische und radiometrische Größen Strahlungsgesetze Fotodetektoren (Fotowiderstände, Fotodioden, Betriebsarten, Bauformen, CCD- und CMOS-Sensoren)
- Messen von Temperaturen: Temperatur, SI-Basiseinheit Kelvin, Definition, Wärmeübertragung (Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung) Thermodynamische Temperatur Primäre und sekundäre Temperaturmessverfahren, praktische Temperaturskalen, Fixpunkte (Tripelpunkte, Erstarrungspunkte), Fixpunktzellen, klassische Temperaturskalen, internationale Temperaturskala (ITS-90) Berührungsthermometer, thermische Messabweichungen, thermische Ausdehnung, Gasthermometer, Flüssigkeitsglasthermometer, Bimetall-Thermometer, Metall-Widerstandsthermometer (Kennlinie, Genauigkeit, Bauformen, Messschaltungen), Thermoelemente (Seebeck-Effekt, Bauformen, Ausgleichsleitungen,

- Messschaltungen) Strahlungsthermometer (Prinzip, Strahlungsgesetze, Pyrometer, Messabweichungen)
- Zeit und Frequenz: SI-Basiseinheit Sekunde, Zeitmessung (Aufgaben, Historie, mechanische Uhren, Quarzuhren, Atomuhr) Darstellung der Zeit Verbreitung der Zeitskala UTC Globales Positionssystem (GPS) Frequenz- und Phasenwinkelmessung
  - Längenmesstechnik: SI-Basiseinheit Meter Messschieber, Abbesches Komparatorprinzip, Bügelmessschraube, Abweichungen 1.- und 2.-Ordnung Längenmessung mit Linearencodern (Bewegungsrichtung, Ausgangssignale, Differenzsignale, Demodulation) Absolutkodierung (V-Scannen und Gray Code) Interferometrie, Michelson-Interferometer, transversale elektromagnetische Wellen, Grundlagen der Interferenz, destruktive und konstruktive Interferenz, Homodynprinzip, Heterodynprinzip, Interferenz am Homodyninterferometer, Demodulation am Homodyn- und Heterodyninterferometer, Einfluss Luftbrechzahl, Realisierung der Meterdefinition, Reflektoren und Aufbau von Interferometern, induktive Längenmessung, kapazitive Längenmessung, Laufzeitmessung
  - Masse, Kraft und Drehmoment: SI-Basiseinheit Kilogramm, Definition Masse, Kraft und Drehmoment Massenormale (Vergleiche, Bauformen und Abweichungsgrenzen), Prinzip der Masseableitung, Stabilität der Einheit und Neudefinition Messprinzipien von Waagen, Einflussgrößen bei Massebestimmung (lokale Erdbeschleunigung, Luftauftrieb), Balkenwaage (unterschälige Waagen, Empfindlichkeit, Bauformen, oberchalige Waagen, Ecklastabhängigkeit), Federwaage, DMS, Verformungskörper, DMS-Waage, EMK-Waage, Massekomparatoren Drehmomentmessung (Reaktions- und Aktionsdrehmoment)
  - Teilgebiete der industriellen Messtechnik
  - Prozessmesstechnik: Messgrößen der Prozessmesstechnik Definition des Druckes, Druckarten (Absolutdruck, Überdruck, Differenzdruck) Druckwaage (Kolbenmanometer), U-Rohrmanometer und -Barometer, Rohrfederanometer, Plattenfederanometer Drucksensoren (mit DMS, piezoresistiv, kapazitiv, piezoelektrisch) Durchflussmessung (Volumenstrom und Massestrom, Strömung von Fluiden) volumetrische Verfahren, Wirkdruckverfahren, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Ultraschall-Durchflussmessung Massedurchflussmessung (Coriolis, thermisch)
  - Fertigungsmesstechnik: Aufgaben, Methoden, Ziele und Bereiche der Fertigungsmesstechnik Gestaltparameter von Werkstücken (Mikro- und Makrogestalt), Geometrische Produktspezifikation (GPS), Gestaltabweichungsarten Geräte und Hilfsmittel der Fertigungsmesstechnik, Gegenüberstellung klassische Fertigungsmesstechnik

und Koordinatenmesstechnik, Auswertung Bauarten und Grundstruktur von Koordinatenmessgeräten Vorgehensweise bei Messen mit einem Koordinatenmessgerät

**Inhalt (Übung):**

- Grundlagen der Elektrotechnik (Wiederholung von Grundlagen)
- Statistik Auswertung von Messreihen (Histogramme, Hypothesentest, Konfidenzintervalle, statistischen Maßzahlen)
- Korrelation und Regression (Korrelationskoeffizient, Fehlerfortpflanzung, Residuenanalyse)
- Messabweichungen, Einführung in die Messunsicherheitsberechnung (Kompensation systematischer Abweichungen, Messunsicherheitsanalyse einer einfachen Messung)
- Elektrische Größen, Messelektronik und Analog-Digital-Umsetzung (Abweichungsberechnung bei der Strommessung, Anpassungsnetzwerk für ein Drehspulinstrument, Bereichsanpassung mit einem Operationsverstärker)
- Anwendung der Wheatstoneschen Brückenschaltung bei Messungen mit Dehnungsmessstreifen
- Messungen mit Fotodioden bei unterschiedlichen Betriebsarten
- Temperaturmesstechnik (Aufgaben zu Metall-Widerstandsthermometern und Pyrometern)
- Längenmesstechnik (Abbesche Prinzip, Induktivität eines Eisenkerns mit Luftspalt, Foliendickenmessung mittels einer kapazitiven Messeinrichtung)
- Messen von Kraft und Masse (Massewirkung, Balkenwaage, Federwaage, piezoelektrischer Kraftsensor)
- Prozessmesstechnik (Druck- und Durchflussmessung, U-Rohrmanometer, Corioliskraftmessung, Ultraschallmessverfahren, Turbinenzähler)
- Fertigungsmesstechnik (Standardgeometrieelemente, Angabe von Toleranzen, Prüfen von Rundheitsabweichungen mit Hilfe eines Feinzeigers)

**Contents:**

- General basics
- What is metrology: Metrology and branches, application fields, historical development of the unit system, SI unit system Definitions of SI units (cd, K, kg, m, s, A, mol) Quantity, quantity value Extensive and intensive quantities Measurement, measurand, measurement unit, measurement result, measured quantity value Correct use and notation of units and of quantity values Basic requirements for the measurement Traceability
- Principles, methods and procedures of measurement: Principles, methods and procedures of measurement Classification of measurement methods, deflection, differential, substitution and compensation measurement methods

Principle of a measuring instrument, direct and indirect measurement methods Characteristic curve, types of characteristic curves, analogue and digital measurement methods, continuous and discontinuous measurement, resolution, sensitivity, measuring interval Absolute and incremental measurement methods

- Statistics Evaluation of measurements series: Calculation of a measurement result based on measurement series Basic terms of descriptive statistics Presentation and interpretation of measured value distributions (histograms) Frequency (absolute, relative, cumulative, relative cumulative) Calculation and interpretation of basic parameters: location (mean, median, mode), dispersion (range, variance, standard deviation, coefficient of variation), shape (skewness, excess, kurtosis) Basic terms of stochastics, probabilities, distributions (rectangle, U and normal distribution), central limit theorem, statistical moments Basic terms of analytical statistics, statistical tests and statistical estimation methods Correlation and regression
- Measurement errors and measurement uncertainty: Measured value, true value, key comparison, conventional quantity value Influences on the measurement (Ishikawa diagram) Measurement error (absolute, relative, systematic, random) Handling of errors, correction of known systematic measurement errors Calibration, verification, legal verification Measurement precision, accuracy and trueness Repeatability conditions and repeatability, intermediate precision condition and measurement precision, reproducibility condition of measurement and reproducibility Error propagation law (old concept), measurement uncertainty, definitional uncertainty, overview of standard method of the GUM (measurement uncertainty), correct specification of a measurement result
- Mesurands of the SI system of units
- Measurement of electrical quantities: SI base unit Ampere, resistance and voltage standards, measurement of current and voltage, Lorentz force, moving coil instrument, range adjustment Resistance measurement, current and voltage correct measurement, Wheatstone bridge circuit (quarter, half and full bridge, differential method and compensation method) Characteristic values of sinusoidal alternating quantities, moving iron instrument, alternating voltage bridge Measuring signals, dynamic characteristic functions and characteristics, transfer functions (frequency responses) Digitalisation chain, time and value discretization, aliasing, Shannons sampling theorem, filter, operational amplifier (inverting amplifier, non-inverting amplifier, impedance converter, inverting summing amplifier, differential amplifier, integrating amplifier, differentiating amplifier, instrumentation amplifier), sample-and-hold device, analogue-digital conversion, errors of

analogue-to-digital conversion Universal measuring devices (digital multimeter, analogue and digital oscilloscopes)

- Measurement of optical quantities: Light and properties of light Sensitivity spectra of the eye Radiometry and photometry SI base unit candela (cd, luminous intensity) Radiant flux, radiometric (photometric) fundamental law, photometric and radiometric quantities Radiation laws Photo detectors (photo resistors, photo diodes, modes of operation, designs, CCD and CMOS sensors)
- Measurement of temperatures: Temperature, SI base unit Kelvin, definition, heat transfer (conduction, convection, radiation) Thermodynamic temperature Primary and secondary temperature measurement methods, practical temperature scales, fixpoints (triple points, freezing points), fixpoint cells, classical temperature scales, International Temperature Scale (ITS-90) Contact thermometers, thermal measurement errors, thermal expansion, gas thermometer, liquid thermometer, bimetal thermometer, metal resistance thermometers (characteristic curve, accuracy, designs, circuits), thermocouples (Seebeck effect, designs, extension wires, measurement circuits) Radiation thermometer (principle, radiation laws, pyrometers, measurement errors)
- Time and frequency: SI base unit second, time measurement (tasks, history, mechanical clocks, quartz clock, atomic clock) Representation of time Propagation of UTC Global Positioning System (GPS) Frequency and phase angle measurement
- Length: SI base unit metre Calliper, Abbe comparator principle, micrometer, errors 1st and 2nd order Length measurement with linear encoders (motion direction, output signals, differential signals, demodulation) Absolute coding (V-Scan and Gray code) Interferometry, Michelson interferometer, transversal electromagnetic waves, basics of interference, destructive and constructive interference, homodyne principle, heterodyne principle, interference on homodyne interferometer, demodulation at homodyne and heterodyne interferometer, influence of air refractive index, realisation of the metre definition, reflectors and assembly of interferometers, inductive length measurement, capacitive length measurement, time of flight measurement
- Mass, force and torque: SI base unit kilogram, definition of mass, force and torque Mass standards (comparisons, types, deviation limits), principle of mass dissemination, stability of the unit and redefinition Measurement principles of weighing, influences for mass determination (local gravitational acceleration, air buoyancy), beam balance (hanging pan balances, sensitivity, types, top pan balances, corner load sensitivity), spring balance, DMS, deformation elements, DMS balance, EMC balance, mass comparators Measurement of torque (reactive and active)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Branches of industrial metrology</li> <li>• Process measurement technology: Quantities of process measurement technology Definition of pressure, pressure types (absolute pressure, overpressure, differential pressure) Deadweight tester (piston manometer), U-tube manometer and barometer, bourdon tube gauge, diaphragm pressure gauge Pressure sensors (with DMS, piezoresistive, capacitive, piezoelectric) Flow measurement (volume flow and mass flow, flow of fluids) Volumetric method, differential pressure method, magneto-inductive flowmeter, ultrasonic flow measurement Mass flow rate measurement (Coriolis, thermal)</li> <li>• Manufacturing metrology: Tasks, methods, objectives and branches of manufacturing metrology Form parameters of workpieces (micro-and macro-shape), geometrical product specification (GPS), geometrical tolerances Comparison of classical manufacturing metrology and coordinate metrology, evaluation Designs and basic structure of coordinate measuring machines Procedure for measuring with a coordinate measuring machine</li> </ul>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p><b>*Wissen*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende statistische Methoden zur Beurteilung von Messergebnissen und Ermittlung von Messunsicherheiten.</li> <li>• Die Studierenden kennen grundlegende Messverfahren zur Erfassung der Messgrößen aller SI-Einheiten.</li> <li>• Die Studierenden kennen das Basiswissen zu Grundlagen der Messtechnik und messtechnischen Tätigkeiten.</li> <li>• Die Studierenden haben Grundkenntnisse zur methodisch-operativen Herangehensweise an Aufgaben des Messens statischer Größen, zum Lösen einfacher Messaufgaben und zum Ermitteln von Messergebnissen aus Messwerten.</li> </ul> <p><b>*Verstehen*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die Eigenschaften von Messeinrichtungen und Messprozessen beschreiben.</li> <li>• Die Studierenden können das Internationale Einheitensystem und die Rückführung von Messergebnissen beschreiben.</li> </ul> <p><b>*Anwenden*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können einfache Messungen statischer Größen durchführen.</li> <li>• Die Studierenden können Messunsicherheiten komplexer Messeinrichtungen bei gegebenen Eingangsgrößen berechnen.</li> </ul> <p><b>*Evaluieren (Beurteilen)*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ The students know basic statistical methods for the evaluation of measurement results and the determination of measurement uncertainties.</li> <li>◦ The students know basic measuring methods for the record of measured values for all SI units.</li> </ul> </li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ The students have basic knowledge of fundamentals of metrology and metrology activities.</li> <li>◦ The students have fundamental knowledge for methodological and operational approach to measuring tasks of static measurement types, to solve basic measurement tasks and to establishing measurement results from measurement values.</li> <li>◦ The students are able to describe the characteristics of measuring instruments and measurement processes.</li> <li>◦ The students are able to describe the international system of units (SI) and the traceability of measurement results</li> <li>◦ The students are able to run basic measurements of static measurands. *Evaluating* The students are able to evaluate measuring systems, measurement processes and measurement results. Students are able to calculate the measurement uncertainty of complex measuring systems for given input variables.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Qualitätsmanagement und Messtechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p> <p>Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5</p> <p>Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 ISBN 978-3-642-22608-3</p> <p>Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-341-01106-4</p>

Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3

H. Czichos (Hrsg.): Das Ingenieurwissen Gebundene. 7. Auflage, Springer Verlag, 2012, ISBN 978-3-642-22849-0.

Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmesstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 ISBN 3-478-93264-5

Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9

Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg +Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5

Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9

# Specialization: Healthcare Information Systems

1	<b>Module name</b> 22991	<b>Klinische Datenwissenschaften</b> Clinical data science	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Klinische Datenwissenschaften (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Dennis Toddenroth	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Dennis Toddenroth
5	<b>Contents</b>	<p>Der zunehmende Umfang elektronisch vorliegender klinischer Daten erweitert die Möglichkeiten, diese auch zur automatisierten Analyse bisher unentdeckter medizinischer Zusammenhänge und zur Erzeugung neuen medizinischen Wissens zu verwenden. Derartige Datenauswertungen hängen oft nicht von einzelnen Fragestellungen oder Hypothesen ab, insofern unterscheiden sich die angewendeten Methoden auch von entsprechend etablierten statistischen Verfahren. Die wissenschaftliche Nutzung von Patientendaten aus dem Behandlungsalltag bringt allerdings auch neue Herausforderungen mit sich, wie beispielsweise eine gezielte Berücksichtigung unterschiedlicher Datenstrukturen und vielfältiger klinischer Formulare.</p> <p>Diese Veranstaltung thematisiert die Anwendung automatisierter Auswertungsmethoden auf Patientendaten. Nach einem vergleichenden Überblick über das übliche Vorgehen zur Generierung medizinischen Wissens (biometrische Grundlagen u. Studientypen) werden Grundprinzipien und Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Verfahren zur automatisierten Datenanalyse behandelt; anschließend werden einzelne Methoden und Anwendungsbeispiele vertieft, und Ansätze zur statistischen Bewertung erläutert. Innerhalb der Veranstaltung wird eine praktische Einführung in die Programmiersprache R vermittelt (<a href="http://www.r-project.org/">http://www.r-project.org/</a>). Die Teilnehmer sollen sich dabei in praktischen Übungen auch selbständig in einzelne Analyseverfahren einarbeiten, um diese dann auf klinische Beispieldatensätze praktisch anzuwenden und die so erzeugten Beobachtungen kritisch zu interpretieren.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Grundprinzipien und Einteilung von Machine-Learning-Verfahren.</li> <li>• verstehen Einteilung und Merkmale diverser relevanter klinischer Daten.</li> <li>• verstehen Charakteristika der Programmiersprache R und wenden diese an.</li> <li>• implementieren R-Skripte zur Anwendung von Machine-Learning-Verfahren auf Patientendaten.</li> <li>• überprüfen Resultate automatisierter Analysen vielfältiger klinischer Daten.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	MSc-Studium in Informatik, Einführung in die Medizinische Informatik.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Han, Kamber, Pei: Data Mining - Concepts and Techniques (3rd ed.)</li> <li>• An Introduction to R (<a href="http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf">http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf</a>)</li> <li>• Kourou et al.: Machine learning applications in cancer prognosis and prediction (2015)</li> <li>• Bellazzi and Zupan: Predictive data mining in clinical medicine: current issues and guidelines (2008)</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 742026	<b>eHealth</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: eHealth (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Wolfgang Rödle	

4	<b>Module coordinator</b>	Wolfgang Rödle
5	<b>Contents</b>	<p>Im Rahmen dieses Moduls wird ein breiter Überblick zu Themen rund um das Thema "eHealth" (deutsch: Gesundheitstelematik) vorgestellt. Im Gesundheitswesen kommen sehr viele unterschiedliche Akteure (Ärzte, Techniker, Politiker etc.), Gesetze (Datenschutz, Medizinproduktegesetz, Ethik-Kommissionen etc.) und technische Hilfsmittel (eRezept, Telematikinfrastruktur, Datenintegrationszentren etc.) zum Einsatz. Diese sind auf verschiedene Wege sehr komplex miteinander verbunden. Die Verbindungen und Zusammenhänge werden in diesem Modul den Studierenden vermittelt.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Im Rahmen des Moduls soll ein Überblick der wichtigsten Themenbereich im Gesundheitswesen geschaffen werden sowie wichtige Begriffe, Konzepte und Beispiele aus dem Bereich des Gesundheitswesen mit starkem Bezug auf das E-Health-Gesetz und der Gesundheitstelematik vorgestellt und diskutiert werden. In den Online-Hausaufgaben bereiten die Studierenden sich vor und vertiefen die Themengebiete.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick der Akteure im Gesundheitswesen</li> <li>• Stichworte im Gesundheitswesen (Datawarehouse, Quantified-Self, ETL-Prozesse, Machine-Learning, künstliche Intelligenz, Usability etc.)</li> <li>• Benutzerfreundlichkeit und Evaluationsmethoden</li> <li>• Ethik in der Medizin, Ethikkommission und Ethikanträge</li> <li>• Datenschutz</li> <li>• Medizinproduktegesetz</li> <li>• ETL-Prozess, Datawarehouse und Datenintegrationszentren</li> <li>• Digitalisierungswerkzeuge des Gesundheitswesen (eRezept, ePatientenakte, eMedikationsplan etc.)</li> <li>• Datenanalyse medizinischer Dokumentation</li> <li>• Anonymisierung und Pseudonymisierung von Daten</li> </ul> <p>Die Studierenden ...</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Akteure des Gesundheitswesen wieder</li> <li>• stellen die Verbindungen zwischen den Akteuren des Gesundheitswesen dar</li> <li>• erklären den Hintergrund der Ethik in der Medizin und kennen die Aufgaben der Ethikkommissionen in Deutschland</li> <li>• erklären den Umfang des Datenschutzes im medizinischen-technischen Bereich</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Stichworte aus dem Gesundheitswesen mit Bezug auf Gesundheitstelematik (Datawarehouse, Quantified-Self,</li> </ul>

		<p>ETL-Prozess, Machine-Learning in der Medizin, künstliche Intelligenz in der Medizin, Benutzertauglichkeit / Usability in der Medizin etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Methoden aus dem Bereich der Benutzertauglichkeit (Usability) und Evaluationsmethoden</li> <li>• klassifizieren Medizinprodukte (inklusive Software)</li> <li>• erklären den Aufbau eines Datawarehouses und Datenintegrationszentren im medizinischen Bereich</li> <li>• erklären einen ETL-Prozess (ETL - Extract Transform Load)</li> <li>• kennen und beschreiben verschiedene Digitalisierungswerkzeuge im Gesundheitswesen (eRezept, ePatientenakte, eMedikationsplan etc.)</li> <li>• kennen Grundlegende Methoden zur Analyse von medizinischer/klinischer Dokumentation</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• schreiben einen Ethikantrag</li> <li>• anonymisieren und pseudonymisieren medizinische Daten</li> <li>• erstellen eine Krankenakte, eKrankenakte und ePatientenakte</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simon, Michael (2017). Das Gesundheitssystem in Deutschland - Eine Einführung in Struktur und Funktionsweise. ISBN 978-3-456-85743-5. DOI <a href="http://doi.org/10.1024/85743-000">http://doi.org/10.1024/85743-000</a></li> <li>• Aktuelle Nachrichten aus "Deutsches Ärzteblatt"</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 22910	<b>Informationssysteme im Gesundheitswesen</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Hans-Ulrich Prokosch	
5	<b>Contents</b>	<p>In diesem Modul wird ein Überblick über die Architektur und Einsatzgebiete von Informationssystemen im Gesundheitswesen gegeben. Es wird hierbei sowohl auf Informationssysteme im Krankenhaus als auch auf Systeme im niedergelassenen Bereich eingegangen. Aufgabengebiete und Funktionalitäten beispielhafter medizinischer Informationssysteme werden vorgestellt. Gleichzeitig wird auch auf die EDV-gestützte Vernetzung der verschiedenen Institutionen im Gesundheitswesen (Gesundheitstelematik, Telemedizin) sowie die Entstehung elektronischer Patientenakten eingegangen. Das Modul besteht aus einem Vorlesungsteil (2x 90 Minuten) und einem Teil für eigene praktische Übungen, in denen die jeweiligen Themen u.a. durch Informationsrecherche im Internet vertieft werden.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern unterschiedliche Prozesse des Gesundheitswesens die durch IT-Systeme unterstützt werden.</li> <li>• unterscheiden zwischen der Vielzahl verschiedener IT-Systeme im Gesundheitswesen (z.B. klinische Arbeitsplatzsysteme, Elektronische Krankenakte, Abteilungssysteme in diagnostischen und therapeutischen Funktionsbereichen, Arztpraxissysteme, Apothekeninformationssysteme, Anwendungen zur Forschungs-IT) und deren Funktionalität</li> <li>• verstehen die Heterogenität der IT-Landschaften im Gesundheitswesen und die Herausforderungen in Bezug auf die Interoperabilität zwischen den Systemen</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identifizieren Kommunikationsprozesse im Krankenhaus</li> <li>• erfassen der passenden Kommunikations- und Nachrichtenstandards des Gesundheitswesens zur Etablierung von Schnittstellen</li> <li>• analysieren IT-Landschaften in Einrichtungen des Gesundheitswesens</li> <li>• konzipieren eine in sich konsistente Gesamt-IT-Architektur</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erschließen sich Prozessabläufe im Gesundheitswesen und können daraus notwendige IT-Systeme und deren Schnittstellen ableiten</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	



9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93300	<b>Einführung in die Medizinische Informatik</b> Introduction to medical informatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Heiko Gaßner PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. Oliver Amft Prof. Dr. Wolfgang Uter Wolfgang Rödle PD Dr. Werner Adler	

4	<b>Module coordinator</b>	Wolfgang Rödle
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme im Gesundheitswesen</li> <li>• Medizinische Biometrie und Epidemiologie</li> <li>• mHealth</li> <li>• Bioinformatik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte.</p> <p>Fachkompetenz Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie</li> <li>• nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern</li> <li>• Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren</li> <li>• Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären</li> <li>• einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen</li> <li>• Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen AKten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen</li> <li>• erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern</li> <li>• erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung</li> <li>• erklären grundlegende statistische Tests</li> <li>• erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten</li> <li>• wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an</li> <li>• wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 22980	<b>IT- Service-, Sicherheits- und Risikomanagement im Krankenhaus</b> IT, service, safety and risk management in hospitals	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Hans-Ulrich Prokosch	
5	<b>Contents</b>	<p>In dieser Vorlesung wird ein Überblick über Methoden des IT-Servicemanagements (angelehnt an ITIL und die Norm ist ISO/IEC 20000) vorgestellt. Aufgrund seines engen Zusammenwirkens mit dem IT-Risikomanagementprozess ( unter besonderer Berücksichtigung der Norm EIC 80001-1 bei der Einbindung von Medizinprodukten in medizinische Netzwerke) und den zugehörigen Prozessen des IT-Sicherheitsmanagements (ISO 27001) werden auch diese beiden Themen in der Vorlesung vorgestellt. Die Studenten lernen den Unterschied zwischen der eher technisch basierten Sicht auf Soft- und Hardwareartefakte und der an Geschäftsprozessen eines Krankenhauses orientierten Bereitstellung von IT-Services kennen. Alle Konzepte und Vorgehensweisen werden anhand praktischer Beispiele aus dem Krankenhausumfeld illustriert.</p> <p>Die Veranstaltung besteht aus einem Vorlesungsteil (1x 90 Minuten) (2 SWS) und einem Teil für eigene praktische inhaltliche Stoffarbeit, in denen ausgewählte Themen u.a. durch Informationsrecherche im Internet vertieft werden (Online-Übung). (2 SWS)</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die in der ITIL-Prozesslandkarte verankerten Prozesse und die damit verbundenen Kernkonzepte</li> <li>• beschreiben die verschiedenen Aufgabenstellungen im Kontext der IT-Bereitstellung und des IT-Betriebs eines Krankenhauses</li> <li>• erklären die Bedeutung eines servicebasierten IT-Planungs- und Betriebskonzepts</li> <li>• beschreiben Grundkonzepte des BSI Grundschutzes</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klassifizieren die ITIL Phasen (IT-Service Strategie, IT Service Design, IT Service Transition, IT Service Operation, Continual Service Improvement)</li> <li>• assoziieren die definierten ITIL-Prozesse</li> </ul> <p>Evaluieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ erschaffen Lösungen für Projekte zur Einführung eines IT-Servicemanagementsystems in Krankenhäusern</li> <li>◦ übernehmen dabei in Eigeninitiative Teilaufgaben</li> <li>◦ etablieren einen strukturierten IT-Risikomanagementprozess, inklusive dem</li> </ul> </li> </ul>	

		Zusammenspiel zwischen IT-Risikomanagement und IT-Sicherheitsmanagement <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ gestalten aktive Beiträge zum Aufbau eines IT-Sicherheitsmanagementsystems in einem Krankenhaus</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Achievement credit
11	<b>Grading procedure</b>	Achievement credit (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92270	<b>Maschinelles Lernen in der klinischen Bioinformatik</b> Machine learning in clinical bioinformatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Meik Kunz
5	<b>Contents</b>	Methoden des Maschinellen Lernens gewinnen zunehmend an Bedeutung in der Bioinformatik. Insbesondere kann auf diese Weise die immer wachsende Datenflut systematisch ausgewertet und Muster erkannt werden, welche zu innovativen diagnostischen und therapeutischen Verfahren in der Medizin beitragen können. In der Vorlesung lernen die Studierenden fortgeschrittene Methoden und Konzepte des Maschinellen Lernens der Bioinformatik für die klinische Forschung kennen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Studenten... Fachkompetenz Wissen <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Methoden der Analyse von Hochdurchsatzdaten</li> <li>◦ Methoden der Sequenzanalyse und Genvorhersage</li> <li>◦ Methoden der Identifizierung und Analyse regulatorischer Elemente</li> <li>◦ Methoden der RNA- und Proteinstrukturanalyse und -klassifikation</li> <li>◦ Methoden der statistischen Analyse in der Bioinformatik</li> <li>◦ Methoden der Bewertung von Klassifikationsmodellen</li> <li>◦ Methoden des Clustering und Regression für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> <li>◦ Methoden der Dimensionsreduktion von Daten</li> <li>◦ Methoden der funktionellen Enrichmentanalyse von biologischen Molekülen</li> <li>◦ Methoden der Target-Interaktions-Vorhersage</li> <li>◦ wenden fortgeschrittene Techniken und Algorithmen des Maschinellen Lernens auf medizinische Fragestellungen an Erschaffen entwickeln Analysewege und -skripte des Maschinellen Lernens für die Bioinformatik</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Specialization: Physiology



1	<b>Module name</b> 22860	<b>Biosignalverarbeitung</b> Biosignal processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Project/practical report
11	<b>Grading procedure</b>	Project/practical report (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93300	<b>Einführung in die Medizinische Informatik</b> Introduction to medical informatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Heiko Gaßner PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. Oliver Amft Prof. Dr. Wolfgang Uter Wolfgang Rödle PD Dr. Werner Adler	

4	<b>Module coordinator</b>	Wolfgang Rödle	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme im Gesundheitswesen</li> <li>• Medizinische Biometrie und Epidemiologie</li> <li>• mHealth</li> <li>• Bioinformatik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte.</p> <p>Fachkompetenz Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie</li> <li>• nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern</li> <li>• Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren</li> <li>• Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären</li> <li>• einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen</li> <li>• Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen AKten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen</li> <li>• erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern</li> <li>• erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung</li> <li>• erklären grundlegende statistische Tests</li> <li>• erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten</li> <li>• wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an</li> <li>• wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Specialization: Image processing

1	<b>Module name</b> 23070	<b>Biomedizinische Signalanalyse</b> Biomedical signal analysis	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Daniel Krauß
5	<b>Contents</b>	<p><b>Inhalt</b> Im Rahmen der Vorlesung werden (a) die Grundlagen der Generation von wichtigen Biosignalen im menschlichen Körper, (b) die Messung von Biosignalen und (c) Methoden zur Analyse von Biosignalen erläutert und dargestellt.</p> <p>Behandelte Biosignale sind unter anderem Aktionspotential (AP), Elektrokardiogramm (EKG), Elektromyogramm (EMG), Elektroenzephalogramm (EEG), oder Mechanomyogramm (MMG). Bei der Messung liegt der Fokus beispielsweise auf der Messtechnik oder der korrekten Sensor- bzw. Elektrodenanbringung. Im größten Teil der Vorlesung, Analyse von Biosignalen, werden Konzepte zur Filterung für die Artefaktreduktion, der Wavelet Analyse, der Ereigniserkennung und der Wellenformanalyse behandelt. Zum Schluss wird einen Einblick in überwachte Verfahren der Mustererkennung gegeben.</p> <p>Für weitere Informationen, besuchen Sie bitte unseren zugehörigen StudOn Kurs.</p> <p><b>Content</b> The lecture content explains and outlines (a) basics for the generation of important biosignals of the human body, (b) measurement of biosignals, and (c) methods for biosignals analysis.</p> <p>Considered biosignals are among others action potential (AP), electrocardiogram (ECG), electromyogram (EMG), electroencephalogram (EEG), or mechanomyogram (MMG). The focus during the measurement part is for example the measurement technology or the correct sensor and electrode placement. The main part of the lecture is the analysis part. In this part, concepts like filtering for artifact reduction, wavelet analysis, event detection or waveform analysis are covered. In the end, an insight into pattern recognition methods is obtained.</p> <p>For more information, please visit our associated StudOn course</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Kurses</b></p> <p><b>Fachkompetenz</b></p> <p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Entstehung, Messung und Charakteristika der wichtigsten Biosignale des menschlichen Körpers wiedergeben</li> </ul> <p><b>Verstehen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die wesentlichen Ursachen von Artefakten in Biosignalen erklären</li> </ul>

- Zusammenhänge zwischen der Entstehung der Biosignale des menschlichen Körper und dem gemessenen Signal erklären
- Messmethoden der wichtigsten Biosignale erklären
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten erläutern
- bekannte Algorithmen der Verarbeitung bestimmter Biosignale erklären (z.B. Pan Tompkins für EKG)
- typische Komponenten und ihre Bedeutung in einer generischen Signalanalyse Kette erläutern
- die Struktur und Funktionsweise von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster darstellen

#### **Anwenden**

- Signalcharakteristiken im Zeit- und Frequenzbereich bestimmen
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung anwenden und in Python implementieren
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten anwenden und in Python implementieren
- Methoden selbstständig auf interdisziplinäre Fragestellungen der Medizin und der Ingenieurwissenschaften anwenden
- das Ergebnis von typischen Filteroperationen abschätzen

#### **Analysieren**

- Filtercharakteristika von Schaltkreisen ableiten
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung vergleichen
- Klassifikationsprobleme in Python lösen
- Typische Artefakte in Biosignalen erkennen und Lösungsstrategien vorschlagen

#### **Evaluieren (Beurteilen)**

- Biosignale mit medizinischen Normalwerten vergleichen und im medizinischen Kontext evaluieren
- Klassifikationsergebnisse beurteilen
- die Bedeutung der Biosignalverarbeitung für die Medizintechnik diskutieren
- Probleme in Gruppen kooperativ und verantwortlich lösen und in der Übungsgruppe bzw. im Forum diskutieren

#### **After completion of the course, students are able to**

##### **Knowledge**

- reproduce the generation, measurement, and characteristics of important biosignals of the human body

##### **Understanding**

- explain the causes of artifacts in biosignals
- explain relations between the generation of biosignals and the measured signal
- explain methods for the measurement of important biosignals
- explain filter operations for the reduction of artifacts
- explain algorithms for the analysis of important biosignals (e.g. Pan Tompkins for EKG)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• explain typical components and their importance in the signal analysis chain</li> <li>• explain the structure and functioning of systems for machine learning and pattern recognition</li> </ul> <p><b>Application</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• determine signal characteristics in the time and frequency domain</li> <li>• apply and implement algorithms for signal analysis in Python</li> <li>• implement filter operations for the reduction of artifacts in Python</li> <li>• estimate the result of filter operations</li> <li>• apply methods to interdisciplinary problems in medicine and medical engineering</li> </ul> <p><b>Analyze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive filter characteristics from electric circuits</li> <li>• compare signal analysis algorithms</li> <li>• solve classification problems in Python</li> <li>• recognize typical artifacts in biosignals and propose solutions for their reduction</li> </ul> <p><b>Evaluation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• compare biosignals with medical norm values and evaluate them in a medical context</li> <li>• evaluate classification results</li> <li>• discuss the importance of biomedical signal analysis for medical engineering</li> <li>• solve and discuss problems in groups cooperatively in the group exercises and the online forum</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p><b>Prerequisites</b></p> <p>The Biosig lectures and exercises do not have formal requirements. However, we expect you to have some knowledge about the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of Physiology and Anatomy (High-school level)</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Basic elements of electronic circuits (resistor, capacitor, inductor) and related equations</li> </ul> </li> <li>• Basic math: Integration, Differentiation, Limits</li> <li>•       <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Fourier Transform (qualitative understanding)</li> <li>◦ Basic filter types</li> <li>◦ z-plane (qualitative understanding)</li> </ul> </li> </ul> <p>Furthermore, some knowledge in the following topics will be beneficial to easily understand the content of the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced filter concepts</li> <li>• z-plane math / z-transform / pole-zero plots</li> <li>• Frequency domain math / detailed understanding of Fourier transform and its properties</li> <li>• Laplace transform</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Basics of Python (for the exercises)</li> </ul> <p>If you want to refresh your knowledge on all the aforementioned topics, we recommend the following lectures and online resources: Note that some of them go beyond the requirements of this lecture for many topics!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Signals and Systems I</li> <li>Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker</li> <li>Video Series: Introduction to discrete Control (and further videos from this channel, as general introduction to filter and z-plane math)</li> <li>A visual introduction to Fourier Transform</li> <li>Udacity Python Course Course materials from the Stanford "Introduction to Scientific Python"</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	<p>Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211</p> <p>Electronic Exam (in presence), 90min.</p>
10	<b>Method of examination</b>	Electronic examination
11	<b>Grading procedure</b>	Electronic examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R.M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis: A case-study approach. 1st ed., 2002, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> <li>E.N. Bruce, Biomedical Signal Processing and Signal Modeling. 1st ed., 2001, New York, NY: John Wiley &amp; Sons.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 93109	<b>Computational Magnetic Resonance Imaging</b> Computational magnetic resonance imaging	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Florian Knoll	
5	<b>Contents</b>	<p>Computational Magnetic Resonance Imaging provides a deeper look into computational and machine learning methods for the inverse problem of MRI data acquisition and image reconstruction. It is organized as a series of lectures with accompanying programming exercises. In the exercises, students will use Matlab or Python and PyTorch to implement and test the different methods discussed in class. Topics covered will include but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recap of MR signal and encoding, Fourier imaging</li> <li>• Introduction to the inverse problem of imaging</li> <li>• Partial Fourier imaging</li> <li>• Parallel imaging</li> <li>• Compressed sensing</li> <li>• Machine Learning in MRI</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After completing this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand the theory and algorithms of MR data acquisition and image reconstruction</li> <li>• Apply them themselves in real-world MR imaging tasks</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	<p>AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211</p>	
10	<b>Method of examination</b>	Tutorial achievement Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Tutorial achievement (0%) Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<p>Z.P. Liang. Constrained Reconstruction Methods in MR Imaging.  <a href="http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf">http://mri.beckman.illinois.edu/resources/liang_1992_constrained_imaging_review.pdf</a></p>	

D. Nishimura. Principles of Magnetic Resonance Imaging. <https://www.lulu.com/en/us/shop/dwight-nishimura/principles-of-magnetic-resonance-imaging/paperback/product-1nqdq4j2.html?page=1&pageSize=4>

M. Bernstein. Handbook of MRI Pulse Sequences. <https://www.amazon.com/Handbook-Pulse-Sequences-Matt-Bernstein/dp/0120928612>

1	<b>Module name</b> 44145	<b>Computer Architectures for Medical Applications</b> Computer architectures for medical applications	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Computer Architectures for Medical Applications (0 SWS) Vorlesung: Computer Architectures for Medical Applications (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Gerhard Wellein Farhad Ebrahimiazandaryani Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	<b>Contents</b>	Basiskomponenten eines Rechners <ul style="list-style-type: none"> <li>•             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RISC-/CISC-Prozessoren</li> <li>◦ Speicherarchitektur und -hierarchie (Caches, Arbeitsspeicher, Hintergrundspeicher)</li> <li>◦ Parallele Programmierung</li> <li>◦ Leistungsmmodellierung von Multicore- und Parallerechnern</li> <li>◦ Umsetzung eines CT-algorithmus auf GPUs und Multi-Core-Rechnener</li> </ul> </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Fachkompetenz Wissen Studierende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie kennen konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen Studierende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. Anwenden Studierende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozesorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Studierende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterscheide gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Studierende erwerben die Fähigkeit selbstständig Programme zur Durchführung einer Beispiel CT-Analyse auf Parallelprozessoren zu erstellen.	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211	

10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 46820	<b>CT Reconstruction</b>	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Presentation (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Presentation (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 741318	<b>Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (2 SWS) Übung: Übung - Einführung in die Bioinformatik für die Translationale Medizin (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Meik Kunz	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Meik Kunz
5	<b>Contents</b>	Das Zeitalter des Big Data produziert immer größere Datenmengen in der Medizin, die es gilt, wissenschaftlich auszuwerten. Die Bioinformatik stellt Werkzeuge und Analysetools bereit, die erlauben, Muster und Zusammenhänge in Daten zu erkennen, welche zu einem besseren Verständnis von Krankheitsmechanismen und neuen diagnostischen und therapeutischen Ansätzen beitragen. In der Vorlesung lernen die Studierenden Grundlagen, Methoden und Konzepte der Bioinformatik für die medizinische Forschung kennen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben einen grundlegenden Überblick über Werkzeuge, Forschungsplattformen und Fragestellungen der Bioinformatik in Bezug auf die medizinische Anwendung</li> <li>• kennen grundlegende Konzepte, Algorithmen und statistische Grundlagen der Bioinformatik für die medizinische Forschung</li> <li>• kennen grundlegende Konzepte der Informationssysteme und Datamining für die Bioinformatik</li> <li>• kennen Methoden der Hochdurchsatz-Sequenzierung und Molekulardiagnostik</li> <li>• kennen Standardmethoden für DNA-, RNA- und Protein-Omicsanalysen</li> <li>• kennen Standardmethoden für das Drug-Targeting und die molekulare Modellierung</li> <li>• kennen grundlegende Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung (personalisierte Medizin)</li> <li>• können selbstständig bioinformatische Analysen für medizinische Fragestellungen durchführen</li> </ul> <p>Fachkompetenz Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Methoden der Analyse von Hochdurchsatzdaten</li> <li>◦ Methoden der Sequenzanalyse</li> <li>◦ Methoden der RNA- und Proteinstrukturanalyse</li> <li>◦ Methoden der statistischen Analyse in der Bioinformatik</li> <li>◦ Methoden des Maschinellen Lernens für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> <li>◦ Methoden für das Drug-Targeting und die molekulare Modellierung</li> <li>◦ Methoden für die Modellierung von Signalwegen und biologischer Systeme</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ wenden Techniken und Algorithmen der Bioinformatik auf biologische und medizinische Fragestellungen an</li> <li>Erschaffen entwickeln Analysewege und -skripte für bioinformatische Analysen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 44140	<b>Interventional Medical Image Processing</b> Interventional medical image processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Interventional Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	<b>Contents</b>	<p>English Version:</p> <p>This module focuses on recent developments in image processing driven by medical applications. All algorithms are motivated by practical problems. The mathematical tools required to solve the considered image processing tasks will be introduced. The module starts with an overview on preprocessing algorithms such as scatter correction for x-ray images, edge detection, super-resolution and edge-preserving noise reduction. The second chapter describes automatic image analysis using feature descriptors, key point detection, and segmentation using bottom-up algorithms such as the random walker or top-down approaches such as active shape models. Furthermore, the module covers geometric calibration algorithms for single view calibration, epipolar geometry, and factorization. The last part of the module covers non-rigid registration based on variational methods and motion-compensated image reconstruction.</p> <p>Deutsche Version:</p> <p>Das Modul ist auf die jüngsten Entwicklungen in der Verarbeitung von medizinischen Bildern ausgerichtet. Alle Algorithmen werden durch praktische Probleme motiviert. Die mathematischen Werkzeuge, die für die Bildverarbeitungsaufgaben benötigt werden, werden eingeführt. Das Modul beginnt mit einem Überblick über Vorverarbeitungsalgorithmen, wie zum Beispiel Streustrahlkorrektur für Röntgenbilder, Kantenerkennung, Superresolution und kantenerhaltende Rauschunterdrückung. Das zweite Kapitel beschreibt die automatische Bildanalyse mit Merkmalsdeskriptoren, Punkterkennung und Segmentierung mit Bottom-up-Algorithmen wie dem Random-Walker oder Top-Down-Ansätzen wie aktiven Formmodellen. Darüber hinaus deckt die Vorlesung auch geometrische Kalibrierungsalgorithmen zur Einzelansicht-Kalibrierung, Epipolargeometrie und Faktorisierung ab. Der letzte Teil des Moduls deckt nicht-starre Registrierung auf der Grundlage von Variationsmethoden und bewegungskompensierter Bildrekonstruktion ab.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>English Version:</p> <p>The participants</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• summarize the contents of the lecture.</li> </ul>	



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• apply pre-processing algorithms such as scatter correction and edge-preserving filtering.</li> <li>• extract information from images automatically by image analysis methods such as key point detectors and segmentation algorithms.</li> <li>• calibrate projection geometries for single images and image sequences using the described methods.</li> <li>• develop non-rigid registration methods using variational calculus and different regularizers.</li> <li>• adopt algorithms to new domains by appropriate modifications.</li> </ul> <p>Deutsche Version: Die Teilnehmenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fassen die Inhalte der Vorlesung zusammen.</li> <li>• wenden Vorverarbeitungsalgorithmen wie Streustrahlkorrektur und kantenerhaltende Filterung an.</li> <li>• extrahieren automatisch Informationen aus Bildern, indem sie Bildanalyseverfahren wie Punktdetektoren und Segmentierungsalgorithmen verwenden.</li> <li>• kalibrieren Projektionsgeometrien für Einzelbilder und Bildsequenzen mit den beschriebenen Methoden.</li> <li>• entwickeln nicht-starre Registrierungsmethoden mit Hilfe von Variationsrechnung und unterschiedlichen Regularisierern.</li> <li>• wenden Algorithmen auf neue Modalitäten durch entsprechende Änderungen im Algorithmus an.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 43760	<b>Interventional Medical Image Processing mit Übung</b> Interventional medical image processing with exercises	<b>7,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written or oral
11	<b>Grading procedure</b>	Written or oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93300	<b>Einführung in die Medizinische Informatik</b> Introduction to medical informatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Heiko Gaßner PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. Oliver Amft Prof. Dr. Wolfgang Uter Wolfgang Rödle PD Dr. Werner Adler	

4	<b>Module coordinator</b>	Wolfgang Rödle
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme im Gesundheitswesen</li> <li>• Medizinische Biometrie und Epidemiologie</li> <li>• mHealth</li> <li>• Bioinformatik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte.</p> <p>Fachkompetenz Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie</li> <li>• nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern</li> <li>• Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren</li> <li>• Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären</li> <li>• einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen</li> <li>• Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen AKten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen</li> <li>• erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern</li> <li>• erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung</li> <li>• erklären grundlegende statistische Tests</li> <li>• erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten</li> <li>• wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an</li> <li>• wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 355271	<b>Medical Physics in Nuclear Medicine</b> Medical physics in nuclear medicine	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Philipp Ritt
5	<b>Contents</b>	<p>With this module, participating students should increase and consolidate their knowledge and understanding of medical physics in the field of Nuclear Medicine.</p> <p>For this, all necessary physical foundations and principles will be taught in order that the students are able to explain, interpret, and apply these (for example calculations for the interaction of photons and electrons with matter).</p> <p>With these foundations, the students compare different types of detectors for spatially-resolved photon detection, formulate the principles of imaging in nuclear medicine, and transfer this knowledge to 3-dimensional emission computed tomography.</p> <p>The students differentiate Positron Emission Tomography (PET) and Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT) and understand the principle of 3-D image reconstruction from projection data.</p> <p>They acquire differentiating criteria and quality metrics for image data and use them for assessing reconstruction- and correction methods of PET and SPECT.</p> <p>The students use their acquired knowledge of emission tomography and other imaging modalities such as CT and MRI in order to explain the function principle of multimodal devices such as SPECT/CT, PET/CT, and PET/MRI and in order to evaluate their pros and cons.</p> <p>The students differentiate the relevant application fields of Nuclear Medicine imaging, which are therapeutic, diagnostic and pre-clinical research and interpret the according image data.</p> <p>Based on the acquired competences and with methods obtained from literature review, the students develop solutions for image based dosimetry in Nuclear Medicine therapies and calculate radiation organ doses for representative data.</p> <p>The students translate theory, principle, and rationale of quality assurance of imaging devices to practice and explain the underlying effects.</p> <p>With help of rules and standards, the students understand principles and core of radiation protection and apply these to the field of Nuclear Medicine.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Competences:</p> <p>The students acquire professional and methodical competences in the following aspects:</p> <p>They are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>understand and apply the physical principles of nuclear medicine</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>differentiate the multiple approaches of spatially resolved photon detection and apply them to 3-D emission tomography (PET, SPECT)</li> <li>explain and differentiate multiple reconstruction methods such as e.g. back-projection and iterative reconstruction</li> <li>distinguish the most important image-influencing effects (partial volume, attenuation, scattering) and outline according correction methods</li> <li>characterize multimodal imaging devices (e.g. SPECT/CT, PET/CT), name and assess their pros and cons</li> <li>describe and differentiate the most important clinical and pre-clinical applications of emission tomography</li> <li>deduce and apply methods for image based dosimetry in Nuclear Medicine therapies</li> <li>name appropriate quality control procedures of imaging devices and characterize/differentiate the underlying effects</li> <li>report the legal and methodical principles of radiation protection and apply them to the field of Nuclear Medicine</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable <b>First exam attempt only available in WS; SS exam only for mandatory repeat exam.</b>
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 44481	<b>Visual Computing in Medicine</b> Visual computing in medicine	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Visual Computing in Medicine 1 (2 SWS) Vorlesung: Visual Computing in Medicine 2 (0 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Thomas Wittenberg PD Dr. Peter Hastreiter	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Thomas Wittenberg
5	<b>Contents</b>	<p>Die Flut und Komplexität medizinischer Bilddaten sowie die klinischen Anforderungen an Genauigkeit und Effizienz erfordern leistungsfähige wie auch robuste Konzepte der medizinischen Datenverarbeitung. Auf Grund der Vielfalt an Bildinformation und ihrer klinischen Relevanz spielt der Übergang von der Messung medizinischer Bilddaten (u.a. MRT, CT, PET) hin zur Analyse der Bildinhalte eine wichtige Rolle. Durch die visuelle Wiedergabe der abstrakten Daten können sowohl technische als auch medizinische Aspekte anschaulich und intuitiv verstanden werden. Aufbauend auf einem Regelkreis zur Verarbeitung medizinischer Bilddaten werden im ersten Teil (Visual Computing in Medicine I) die Eigenschaften medizinischer Bilddaten sowie grundlegende Methoden und Verfahren der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung im Zusammenhang vermittelt. Beispiele aus der Praxis erläutern den Bezug zur medizinischen Anwendung. Darauf aufbauend werden im zweiten Teil (Visual Computing in Medicine II) konkrete Lösungsansätze für die Diagnose und Therapieplanung komplexer Krankheitsbilder erläutert. Es wird gezeigt, wie grundlegende Methoden ausgewählt und zu praktisch anwendbaren Gesamtkonzepten zusammengefasst werden. An Beispielen wird der Bezug zu Strategien und Anforderungen in der industriellen Entwicklung und klinischen Anwendung hergestellt. Ergänzend werden komplexe Methoden der medizinischen Bildanalyse und Visualisierung ausführlich besprochen.</p> <p>The flood and complexity of medical image data as well as the clinical need for accuracy and efficiency require powerful and robust concepts of medical data processing. Due to the diversity of image information and their clinical relevance the transition from imaging to medical analysis and interpretation plays an important role. The visual representation of abstract data allows understanding both technical and medical aspects in a comprehensive and intuitive way.</p> <p>Based on a processing pipeline for medical image data an overview of the characteristics of medical image data as well as fundamental methods and procedures for medical image analysis and visualization is given. Examples of clinical practice show the relation to the medical application.</p> <p>Based on VCMed1 the lecture VCMed2 discusses practical approaches for the diagnosis and therapy planning of complex diseases. It will be shown how fundamental methods are selected and integrated to practically applicable concepts. Examples demonstrate the relation to strategies and requirements in clinical practice and the industrial</p>





		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erhalten einen Überblick zu komplexen Krankheitsbildern als Grundlage für effektive und effiziente Lösungen</li> <li>• erwerben erweiterte Kenntnisse zur multimodalen Bildregistrierung mit nichtstarrten Transformationen</li> <li>• erhalten vertieftes Wissen zu komplexen und aktuellen Themen der medizinischen Visualisierung (u.a. Integrationsverfahren, Transferfunktionen, Beschleunigungstechniken mit Grafikhardware)</li> </ul> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gain an insight into complex approaches to the treatment of important disease patterns from the point of view of medical application and specific solution strategies</li> <li>• learn the requirements and the linking of methods of medical image analysis and visualization for the processing of cardiological, neurological, oncological and radiotherapeutic questions</li> <li>• get an overview of complex disease pictures as a basis for effective and efficient solutions</li> <li>• acquire advanced knowledge to process multimodal image data using advanced methods</li> <li>• receive in-depth knowledge on complex and up-to-date topics of medical visualization (including integration procedures, transfer functions, acceleration techniques with graphics hardware)</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	2 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B. Preim, C. Botha: Visual Computing for Medicine, Morgan Kaufmann Verlag, 2013</li> <li>• B. Preim, D. Bartz: Visualization in Medicine - Theory, Algorithms, and Applications, Morgan Kaufmann Verlag, 2007</li> <li>• H. Handels: Medizinische Bildverarbeitung, Bildanalyse, Mustererkennung und Visualisierung für die computergestützte</li> </ul>

ärztliche Diagnostik und Therapie, Vieweg und Teubner Verlag, 2009

- P.M. Schlag, S. Eulenstein, Th. Lange: Computerassistierte Chirurgie, Elsevier Verlag, 2010
- E. Neri, D. Caramella, C. Bartolozzi: Image Processing in Radiology, Springer Verlag, 2008

# Specialization Biometrics

1	<b>Module name</b> 93300	<b>Einführung in die Medizinische Informatik</b> Introduction to medical informatics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Einführung in die Medizinische Informatik für Informatik-Nebenfachstudierende (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Heiko Gaßner PD Dr. Meik Kunz Prof. Dr. Oliver Amft Prof. Dr. Wolfgang Uter Wolfgang Rödle PD Dr. Werner Adler	

4	<b>Module coordinator</b>	Wolfgang Rödle
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung soll an medizinischer Informatik interessierten Studenten einen groben thematischen Überblick über verschiedene Schwerpunkte der Medizinischen Informatik geben. Vorgestellte Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme im Gesundheitswesen</li> <li>• Medizinische Biometrie und Epidemiologie</li> <li>• mHealth</li> <li>• Bioinformatik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Ziel dieser Vorlesung ist es, den Studenten einen ersten Überblick über die verschiedenen methodischen Schwerpunkte der Medizinischen Informatik zu verschaffen, damit diese die Kompetenz erwerben, das Fach nachfolgend anhand ihrer eigenen Interessensgebiete zu vertiefen. Neben den Vorlesungen sind eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten. Diese beinhalten einerseits das selbständige Recherchieren und Erschließen verschiedener Themen/Probleme/ Aufgabenstellungen der Medizinischen Informatik, andererseits ermöglichen sie das Vertiefen der in der Vorlesung vermittelten Lehrinhalte.</p> <p>Fachkompetenz Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die Grundbegriffe im Bereich Epidemiologie und Biometrie</li> <li>• nennen grundlegende Werkzeuge und Fragestellungen der Bioinformatik</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationssysteme und ihre Zusammenhänge im Krankenhaus erläutern</li> <li>• Prozessmodelle im Krankenhaus skizzieren</li> <li>• Grundlagen zu klinischer Dokumentation erklären</li> <li>• einen Überblick zu Gesundheitstelematik-Werkzeugen (z.B. eRezept oder eMedikationsplan) veranschaulichen</li> <li>• Funktionen und Inhalte der verschiedenen elektronischen AKten (eKA, ePA, eGA) aufzeigen</li> <li>• erläutern die Zielsetzung von mHealth und Digital Health, sowie der wesentlichen Eigenschaften von kontextbewussten Systemen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Aufbau und die grundlegenden Eigenschaften von inertialen Messsystemen und akustischen Aufnehmern</li> <li>• erklären empirische Methoden zur Analyse der Modellanpassung</li> <li>• erklären grundlegende statistische Tests</li> <li>• erklären grundlegende Konzepte und Algorithmen der Bioinformatik</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die Analyse von DNA-, RNA- und Protein-Sequenzen</li> <li>• erklären bioinformatische Methoden für die klinische Entscheidungsunterstützung</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden das Bayes'sche Theorem und Varianten an, sowie die Maximum A-posterior Entscheidungsregel zur Klassifikation von Merkmalen aus Sensordaten</li> <li>• wenden die Grundkenntnisse auf einfache Problemstellungen in Biostatistik und Epidemiologie an</li> <li>• wenden grundlegende bioinformatische Analysemethoden auf einfache medizinische Fragestellungen an</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Kontexterkenkung, insbesondere in der isolierten Klassifikation von Aktivitäten anhand von inertialen Sensordaten aus körpergetragenen / Wearable Systemen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Schwerpunkt Bildverarbeitung Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Biometrie Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Informationssysteme im Gesundheitswesen Master of Science Artificial Intelligence 20211 Schwerpunkt Physiologie Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Oral (20 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Oral (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

# Computer-integrated production

1	<b>Module name</b> 95340	<b>Automotive Engineering I</b> Automotive engineering	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Vorlesung ist an alle ingenieurwissenschaftliche Studiengänge und Studierenden mit Interesse an einer Tätigkeit in der Automobilindustrie oder deren Umfeld gerichtet. Es werden die Themen der Produktentstehung bis zur Fertigung und Vertrieb beleuchtet. Dabei wird der Aspekt des interdisziplinären Agierens aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt.</p> <p>Zum einen werden Einblicke in die technische, konstruktive Umsetzung von wesentlichen Elementen eines Automobils gestreift, zum anderen sollen aber auch strategische und betriebswirtschaftlich bestimmende Größen vermittelt und deren Bedeutung für den Ingenieur vertieft werden. Ziel ist es ein Gesamtverständnis für den Komplex der Automobilindustrie zu vermitteln.</p> <p>Das Automobil ist zunehmend eines der komplexesten Industriegüter. Es ist geprägt durch gesellschaftliche Anforderungen, gesetzliche Restriktionen und unterschiedlichste Markt- und Kundenwünsche weltweit.</p> <p>Lernen Sie die Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften in der Automobilindustrie kennen, die Zusammenhänge verstehen und die Lösungen zu erarbeiten. Folgende thematischen Schwerpunkte werden in der Vorlesung behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über die Abläufe und Rahmenbedingungen für die Entwicklung in der Automobilindustrie.</li> <li>• Die Produktentstehung</li> <li>• Der Produktionsprozess in der Automobilindustrie</li> <li>• Integrierte Absicherung</li> <li>• Handelsorganisation: Markteinführung, Marketingkonzepte, Service und Aftermarket Strategien</li> <li>• Elektrifizierung, Hybrid, alternative Antriebe</li> <li>• Elektronik im Fahrzeug: Fahrerassistenz, Navigation, Kommunikation</li> <li>• Neue Technologien für die Herstellung von Karosserien</li> <li>• Passive und aktive Sicherheit. Trend und Markttendenzen, technische Lösungen</li> <li>• Entwicklung der Fahrdynamik</li> <li>• IT-Systeme in der Automobilindustrie</li> <li>• Spitzenleistungen als faszinierende Herausforderungen (Designstudien, Experimentalfahrzeuge, Rennsport)</li> <li>• Qualitätsmanagement</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Nach besuch der Vorlesung sind die Studierenden in der Lage:

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einen Überblick über die Produktentstehung bis hin zur Serienentwicklung zu geben</li> <li>• Die Produktionsprozesse im Automobilbau zu verstehen</li> <li>• Supportprozesse wie die integrierte Absicherung zu verstehen</li> <li>• Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Antriebstechnologien zu nennen</li> <li>• Einen Überblick von Elektrik und Elektronik im Fahrzeug zu haben</li> <li>• Einflüsse auf die Fahrzeugdynamik zu verstehen</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 94940	<b>Technische Grundlagen des ressourcenschonenden und intelligenten Wohnens</b> Engineering fundamentals for resource-efficient and smart living	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Technische Grundlagen des ressourcenschonenden und intelligenten Wohnens (vhb) (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Felix Funk Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	
5	<b>Contents</b>	<p>Ebenso wie die Sektoren Verkehr und Industrie, gerät auch das private Wohnen zunehmend in das Spannungsfeld aus Ressourcenschonung und demografischem Wandel. Mit intelligenter Automatisierungstechnik ist es möglich, diesen Herausforderungen zu begegnen. Eine besondere Beachtung ist hier den soziologischen und ökonomischen Bedarfen zu schenken. Folgende Themenschwerpunkte werden im Rahmen der virtuellen Vorlesung adressiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung im privaten Umfeld</li> <li>• Energieeffizient Wohnen mit intelligenter Automatisierungstechnik</li> <li>• Steigerung von Sicherheit und Komfort durch nutzergerechte Hausautomation</li> <li>• Betrachtung soziologischer, technologischer und ökonomischer Begleitfaktoren</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach Bearbeitung der Lehrveranstaltung sollen Sie als Studierende folgende Lernziele erreicht haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Begriff Smart Home und die Interdependenzen seiner Domänen sind Ihnen bekannt</li> <li>• Sie kennen die Charakteristiken der technischen Anlagen zur Stromerzeugung und deren physikalischen Grundlagen</li> <li>• Sie sind fähig je nach Anforderung ein geeignetes Heizsystem auszuwählen</li> <li>• Sie kennen die Grundlagen zu Transport- und Verteilung elektrischer Energie</li> <li>• Die Problematik der Anbindung dezentraler, regenerativer Erzeugungsanlagen an das elektrische Versorgungsnetz ist Ihnen bekannt</li> <li>• Ein Überblick zu vorhandener Sensorik und Aktorik im AAL-Bereich herrscht vor</li> <li>• Sie kennen die charakteristischen Vor- und Nachteile der verschiedenen etablierten Kommunikationstechnologien im Smart-Home-Umfeld</li> <li>• Sie können Prozesse und Methoden aufzählen und erklären, die für eine technische Realisierung eines sich selbst organisierenden Smart Homes wichtig sind</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie haben einen Überblick gewonnen, wie die Geräteklassen zur Realisierung ganzheitlicher Anwendungsszenarien verknüpft werden können</li> <li>• Sie kennen die grundlegenden Begriffe aus dem Innovationsmanagement und der Innovationsforschung</li> <li>• Der Begriff Akzeptanz ist Ihnen in seinen unterschiedlichen Dimensionen bekannt</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 94951	<b>Grundlagen der Robotik</b> Fundamentals of robotics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Grundlagen der Robotik (0 SWS) Vorlesung: Grundlagen der Robotik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Sebastian Reitelshöfer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Veranstaltung Grundlagen der Robotik richtet sich insbesondere an die Studierenden der Informatik, des Maschinenbaus, der Mechatronik, der Medizintechnik sowie des Wirtschaftsingenieurwesens. Im Rahmen der Veranstaltung werden zunächst die Grundlagen der modernen Robotik erläutert und anschließend fachspezifische Grundlagen zur Konzeption, Implementierung und Realisierung von Robotersystemen vermittelt. Hierbei liegt der Fokus neben klassischen Industrierobotern auch auf neuen Robotertechnologien für den Service-, Pflege- und Medizinbereich. Im Rahmen der letzten Vorlesungseinheiten sowie der Übungseinheiten werden dem Hörer weiterhin die Grundlagen des Robot Operating System (ROS) vermittelt und es wird durch praktische Übungen die Arbeit und Roboterprogrammierung mit ROS erlernt.</p> <p>Die Veranstaltung umfasst hierfür die nachfolgenden Themenschwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauformen, Begriffe, Definitionen, Historie, rechtliche Grundlagen und Roboterethik</li> <li>• Roboteranwendungen in Industrie, Service, Pflege und Medizin</li> <li>• Sensorik und Aktorik für Robotersysteme</li> <li>• Kinematik und Dynamik verschiedener Roboterbauformen</li> <li>• Steuerung, Regelung und Bahnplanung</li> <li>• Varianten der Roboterprogrammierung</li> <li>• Planung und Simulation von Robotersystemen</li> <li>• Robot Operating System (ROS)</li> <li>• Computer Vision (OpenCV)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Ziel der Vorlesung ist, den Studierenden einen fundierten Überblick über aktuelle Roboterapplikationen zu vermitteln sowie die grundlegenden Bauformen, Begrifflichkeiten und gesetzlichen Rahmenbedingungen vorzustellen. Darauf aufbauen werden die notwendigen technischen Grundlagen moderner Robotersysteme sowie die Programmierung eines Roboters mit ROS erlernt.</p> <p>Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roboter hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu klassifizieren, das für eine vorgegebene Anwendung optimale Robotersystem auszuwählen und hierbei ethische und arbeitsschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen.</li> <li>• Robotersysteme auszulegen, zu entwickeln und die erforderlichen Bewegungsabläufe zu planen,</li> <li>• die für verschiedene Roboterapplikationen notwendige Sensorik und Aktorik auszuwählen,</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotersysteme durch den Einsatz von Planungs- und Simulationswerkzeugen zu validieren</li> <li>• sowie Roboter mit Hilfe des Robot Operating Systems zu programmieren und zu steuern.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 94946	<b>Industrie 4.0 - Anwendungsszenarien in Produktion und Service</b> Industry 4.0 - Application scenarios in production and service	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	
5	<b>Contents</b>	<p>Die IT-Durchdringung in der produzierenden Industrie nimmt rasant zu. Der nutzenstiftende Einsatz von IT bei der Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen hat für Deutschland eine zentrale strategische Bedeutung. Diese Trends werden unter Begriffen wie "Industrie 4.0" und "Industrial Internet" bzw. "Internet of Things" weltweit diskutiert. Dabei treffen doch recht unterschiedliche Sichtweisen aufeinander. In der Vorlesung werden diese Trends und Visionen anhand von ausgewählten Anwendungsszenarien erläutert. Außerdem werden die dafür zum Verständnis notwendigen Grundlagen erklärt.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewusstseinschärfung bezüglich der Auswirkungen der Digitalisierung auf die produzierende Industrie</li> <li>• Verständnis von Geschäftstreibern, technischen Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen in der produzierenden Industrie</li> <li>• Vermittlung Branchen- und Domänen-übergreifender Prozesse und Methoden in der produzierenden Industrie</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Den Studierenden sollen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die produzierende Industrie verdeutlicht und dadurch ein Bewusstsein für diese Entwicklungen geschaffen werden. Zusätzlich soll ein Verständnis für Geschäftstreiber, technische Möglichkeiten und deren Wechselwirkungen in der produzierenden Industrie sowie branchen- und domänenübergreifender Prozesse und Methoden vermittelt werden. Die Vorlesung ist auf Basis der folgenden Leitlinien aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodische und konsequente Trennung der Diskussion von Problemperspektive, konzeptioneller Lösungsperspektive und technischer Umsetzungsperspektive</li> <li>• Umfassendes Gesamtverständnis bezüglich der oft sehr vielschichtigen wirtschaftlichen und technischen Zusammenhänge (zu Lasten eines tiefen technischen Detaildiskussion)</li> <li>• Betonung des für einen Anwender gestifteten (geschäftlichen) Nutzens und der möglichen Alleinstellungsmerkmale für einen Standort Deutschland</li> </ul> <p>Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die kontroversen und vielschichtigen Diskussionen im Umfeld der Digitalisierung in der Produzierenden Industrie in einen konsistenten Gesamtkontext einzuordnen</li> <li>• anhand repräsentativer Beispiele den Unterschied zu verstehen zwischen dem aktuellen Stand der Technik</li> </ul>	

		<p>und Forschung sowie den durch Industrie 4.0 postulierten Innovationshypothesen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aufgrund der vermittelten Beispiele und Methoden durch eine Hinterfragung von Zielen und des wirtschaftlichen Nutzens die oft stark emotional geführten Diskussionen im Kontext von Industrie 4.0 zu versachlichen</li> </ul> <p>Das im Rahmen dieser Lehrveranstaltung vermittelte Wissen ist in allen Bereichen der industriellen Branchen, so z. B. im Automobilbau, der Informatik und Wirtschaftsinformatik, der Elektrotechnik und Medizintechnik und dem Maschinen- und Anlagenbau erforderlich.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 94920	<b>International Supply Chain Management</b> International supply chain management	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: International Supply Chain Management (vhb) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Daniel Utsch	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	
5	<b>Contents</b>	<p>Contents: The virtual course intends to give an overview on the main tasks of a supply chain manager in an international working environment:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goals and tasks</li> <li>• Methods and tools</li> <li>• International environment</li> <li>• Knowledge and experience of industrial practice</li> <li>• Cutting edge research on SCM</li> </ul> <p>For practical training, 3 additional Case Studies are executed as part of the course.</p> <p>Lehreinheiten / Units:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated logistics, procurement, materials management and production</li> <li>• Material inventory and material requirements in the enterprise</li> <li>• Strategic procurement</li> <li>• Management of procurement and purchasing</li> <li>• In-plant material flow and production systems</li> <li>• Distribution logistics, global tracking and tracing</li> <li>• Modes of transport in international logistics</li> <li>• Disposal logistics</li> <li>• Logistics controlling</li> <li>• Network design in supply chains</li> <li>• Global logistic structures and supply chains</li> <li>• IT systems in supply chain management</li> <li>• Sustainable supply chain management</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After having completed this course successfully, the student will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• define the basic terms of supply chain management</li> <li>• understand important procurement methods and strategies</li> <li>• name and classify different stock types and strategies</li> <li>• analyse possibilities for cost reduction in supply chains</li> <li>• know and differentiate central IT systems of supply chain management</li> <li>• explain disposal and controlling strategies</li> <li>• recognise the main issues in international supply networks</li> <li>• know the possibilities of transformation to a sustainable supply chain</li> <li>• assess different modes of transport</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	

9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 95270	<b>Die Werkzeugmaschine als mechatronisches System</b> Machine tools as a mechatronic system	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung der Mechatronik im Werkzeugmaschinenbau</li> <li>• Grundlegende Begrifflichkeiten mit Bezug auf den Werkzeugmaschinenbau zu den Themen Mechanik, Elektrotechnik und Software</li> <li>• Analyse, Modellierung und Regelung von Werkzeugmaschinen</li> <li>• CNC-Steuerungstechnik für die Werkzeugmaschine</li> <li>• Parallelkinematik-Maschinen</li> <li>• Evolution der Drehmaschinen</li> <li>• Vertikale und horizontale IT-Integration</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wesentliche mechatronische Komponenten der Werkzeugmaschine zu benennen und zu erläutern.</li> <li>• Modellversuche zur elektrischen Antriebstechnik durchzuführen.</li> <li>• eine analytische Vorgehensweise zur regelungstechnischen Modellbildung anzuwenden.</li> <li>• Regelungstechnische Möglichkeiten der elektrischen Antriebstechnik darzustellen.</li> <li>• die CNC Verfahrenskette vom CAD-Geometriemodell zur Werkzeugposition zu erklären.</li> <li>• Konsequenzen alternativer Maschinenkonzepte (Parallelkinematiken, modulare Maschinen) zu erläutern.</li> <li>• Werkzeugmaschinen als IT-Komponenten (horizontale und vertikale Integration und Kommunikation) darzustellen.</li> <li>• Mechatronische Systeme im allg. Maschinenbau anzuwenden und die Konzepte der Werkzeugmaschine auf andere Maschinenbau-Applikationen zu übertragen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 97101	<b>Produktionssystematik</b> Production systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	<b>Contents</b>	Das Modul Produktionssystematik thematisiert die gesamte Bandbreite der technischen Betriebsführung von der Planung, Organisation und technischen Auftragsabwicklung bis hin zu Fragen des Management und der Personalführung, Entlohnung sowie Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Im Rahmen dieses Moduls findet eine Vorlesung und eine Übung statt.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Nach einem Besuch der Vorlesung Produktionssystematik sollen die Studierenden in der Lage sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele, Strategien, Vision und Mission der Unternehmen beurteilen zu können;</li> <li>• sich in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmen zurecht zu finden;</li> <li>• die Inhalte der wesentlichen Kernprozesse produzierender Unternehmen zu kennen;</li> <li>• die technische und administrative Auftragsabwicklung nachzuvollziehen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211 Fertigungsautomatisierung und Produktionstechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 92880	<b>Robotics Frameworks</b> Robotics frameworks	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic concepts of robotics</li> <li>• Basic concepts of the Robot Operating System</li> <li>• Simulation of robots in virtual environments</li> <li>• Computer vision and machine learning in the context of robotics</li> <li>• Path and gripping grasp planning</li> <li>• Localization, mapping and navigation of mobile robots</li> <li>• Flow control with state machines for complex robot tasks</li> <li>• Introduction to relevant software frameworks for specific tasks (Robot Operating System, Gazebo, OpenCV, Tensorflow)</li> <li>• Solving a complex practical task as a team</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>In this module, students independently implement advanced tasks in robotics and related topics such as simulation, computer vision and machine learning using concrete examples. In doing so, the students deal with various established software frameworks and learn how to use them.</p> <p>Students are taught the following technical and methodological competences:</p> <p>After completing the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classify important terms of robotics</li> <li>• Understand the challenges of modern robotics in relation to complex tasks and develop approaches to solve them.</li> <li>• Analyse and practically apply complex issues in robotics (robotics frameworks, simulation tools and frameworks for image processing and artificial intelligence)</li> <li>• Explain and apply methods of robot motion control and planning</li> <li>• Explain the self-localisation of mobile robots and examine it using examples</li> </ul> <p>The students additionally acquire and train the following personal and social competences within the framework of the team task:</p> <p>After completing the module, the students can</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Independently solve preparatory tasks</li> <li>• Organize their working time</li> <li>• Work together with other students in a group in a goal-oriented manner</li> <li>• Assess their own strengths and use them in a targeted way in the team performance</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Prerequisites : Basic knowledge of programming languages C++ and Python, additional information can be found on StudOn
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 4

9	<b>Module compatibility</b>	Computerintegrierte Produktion Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

# Robotics and automation as a minor subject

1	<b>Module name</b> 92345	<b>Human-centered mechatronics and robotics</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Human-centered mechatronics and robotics (2 SWS) Übung: Human-centered mechatronics and robotics (UE) (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Human-oriented design methods</li> <li>• Biomechanics</li> </ul> <p>Motions, measurement, and analysis Biomechanical models</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Elastic actuators</li> <li>◦ Control methods Cognitive and physical human-robot interaction Empirical research methods</li> <li>◦ Research process and experiment design</li> <li>◦ Research methods, interferences, and ethics System integration and fault treatment The exercise will combine simulation sessions and a flip-the-classroom seminar where student groups present recent research papers and discuss them with all attendees.</li> </ul> </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>On successful completion of this module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tackle the interdisciplinary challenges of human-centered robot design.</li> <li>• Use engineering methods for modeling, design, and control to develop human-centered robots.</li> <li>• Apply methods from psychology (perception, experience), biomechanics (motion and human models), and engineering (design methodology) and interpret their results.</li> <li>• Develop robotic systems that are provide user-oriented interaction characteristics in addition to efficient and reliable operation.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ott, C. (2008). Cartesian impedance control of redundant and flexible-joint robots. Springer.</li> <li>• Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: an introduction. Butterworth-Heinemann.</li> <li>• Burdet, E., Franklin, D. W., &amp; Milner, T. E. (2013). Human robotics: neuromechanics and motor control. MIT press.</li> <li>• Gravetter, F. J., &amp; Forzano, L. A. B. (2018). Research methods for the behavioral sciences. Cengage Learning.</li> <li>• Further topic-specific text books and selected research articles.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 92347	<b>Mechatronic components and systems (MCS)</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS) Tutorium: Mechatronic components and systems (Tut) (SWS)	5 ECTS - -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Martin Rohrmüller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle	
5	<b>Contents</b>	System thinking and integration - Interactions of hardware and software - Engineering design methods Mechanical components - Energy conductors and transformers - Control elements and energy storages Actuators - Electrodynamical and electromagnetic actuators - Fluid actuators and unconventional actuators <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensors for measuring mechanical quantities</li> <li>• Control and information processing</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of this module, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing.</li> <li>• Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren.</li> <li>• Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design.</li> <li>• Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system.</li> <li>• Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	

11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.</li> <li>• Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer.</li> <li>• Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92528	<b>Numerical Optimization and Model Predictive Control</b> Numerical optimization and model predictive control	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Numerical Optimization and Model Predictive Control (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	
5	<b>Contents</b>	<p>Many problems in economy and industry require an optimal solution under consideration of specific criteria and constraints. From a mathematical point of view, this requires the numerical solution of a parametric optimization problem or a dynamic optimization problem. The latter formulation accounts for the dynamics of the underlying process and is particularly relevant in the context of optimal control and model predictive control (MPC).</p> <p>In summary, the course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to and examples of static and dynamic optimization problems</li> <li>• Unconstrained numerical optimization (optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Constrained numerical optimization (linear/quadratic/nonlinear problems, optimality conditions, numerical methods)</li> <li>• Dynamical optimization / optimal control problems (calculus of variations, optimality conditions, PMP, numerical methods)</li> <li>• Nonlinear model predictive control (formulations, stability, real-time solution)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After successful completion of the module, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate the problem classes of parametric and dynamic optimization</li> <li>• formulate and analyze practical optimization problems</li> <li>• derive and solve the optimality conditions for unconstrained and constrained optimization problems using state-of-the-art software tools</li> <li>• classify the different formulations and stability criteria for nonlinear model predictive control</li> <li>• design a model predictive controller for a given control task and analyze the performance and stability properties in closed loop</li> <li>• realize and implement a real-time MPC for highly dynamical nonlinear systems with sampling times in the (sub)millisecond range using modern state-of-the-art (N)MPC software</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Basic knowledge of advanced mathematics (especially linear algebra) Basic knowledge of dynamical systems in time domain description (e.g. Regelungstechnik B)</p>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 6	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211	

		Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>S. Boyd, L. Vandenberghe. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004</p> <p>J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization. New York: Springer, 2006</p> <p>M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. Berlin: Springer, 2012</p> <p>C.T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. Society for Industrial und Applied Mathematics (SIAM), 1999</p> <p>D.P. Bertsekas. Nonlinear Programming. Belmont. Athena Scientific, 1999</p> <p>E. Camacho, C. Alba. Model Predictive Control. 2. Auflage, Springer, 2004</p> <p>L. Grüne, J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms, Springer, 2011</p>

1	<b>Module name</b> 92519	<b>Robotics 1</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Robotics 1 (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Andreas Völz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	<b>Contents</b>	This lecture introduces the fundamentals of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>Modeling: coordinate systems and transformations, parameterization of rotation matrices, forward and inverse kinematics, Jacobians and singularities</li> <li>Trajectory planning: polynomial and trapezoidal trajectories, trajectories with intermediate points, trajectories in task space</li> <li>Linear control: actuator dynamics, decentralized motion control, basics of task space and force control</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	After successful completion of the module, students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>mathematically describe and analyze the kinematics of robotic manipulators.</li> <li>plan trajectories for robot motions.</li> <li>design and implement linear methods for robot motion and force control.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Basis knowledge of advanced mathematics</li> <li>Basic knowledge of control theory</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> <li>J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 92535	<b>Robotics 2</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen Dr.-Ing. Andreas Völz
5	<b>Contents</b>	This lecture introduces advanced methods of robotics with a focus on manipulator control. The course covers the following topics: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamics: Euler-Lagrange formulation, recursive Newton-Euler algorithm, extensions of the dynamical model</li> <li>• Nonlinear control: Lyapunov stability, gravity compensation, inverse dynamics, adaptive control, task space control</li> <li>• Motion planning: Time-optimal trajectory generation, collision checking, configuration space, local path planning, global path planning</li> <li>• Mobile robots: Basics of control and planning</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	The students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive the dynamical model of a robotic manipulator</li> <li>• design and implement nonlinear methods for robot motion and force control</li> <li>• plan collision-free motions for robots in known environments</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics of advanced mathematics</li> <li>• Basics of control theory</li> <li>• Basics of robotics</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Spong, S. Hutchinson und M. Vidyasagar: Robot Modeling and Control. Wiley, 2005.</li> <li>• B. Siciliano, L. Sciavicco, G. Oriolo und L. Villani: Robotics Modelling, Planning and Control. Springer, 2009.</li> <li>• J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson, 2018.</li> </ul>

- S. LaValle: Planning algorithms, Cambridge University Press, 2006.

1	<b>Module name</b> 92359	<b>Robot mechanisms and user interfaces</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Mehmet Ege Cansev
5	<b>Contents</b>	Mechanical components, short overview/repetition of machine elements, Robot mechanisms, Kinematic parameters and calculations, Evaluation metrics and design methods, Redundant mechanisms and actuation, Human-robot interfaces, Intend detection (sensing) and haptic stimulation (actuators), Interface system design and evaluation, Mechanical and cognitive user models A flip-the-classroom seminar with student presentations and discussion is part of the lecture. The laboratory exercise will be a mini design project in which student groups create their own low-budget haptic human-machine interfaces.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of this module, students will be able to: Understand robot mechanisms and apply kinematic calculations for their design and control, Exploit redundancy in kinematic chains and actuation systems, Know components of human-machine interfaces and be able to design such systematically, Know approaches to model human characteristics and behavior for human-machine interface design.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker.  Lenarcic, J., Bajd, T., & Stanisic, M. M. (2013). Robot mechanisms. Springer.  Hatzfeld, C., & Kern, T. A. (2016). Engineering haptic devices. Springer.



Selected research articles.

1	<b>Module name</b> 92670	<b>Sensorik</b> Sensor technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Sensorik</li> <li>• Wandlerprinzipien</li> <li>• Sensor-Parameter</li> <li>• Sensor-Technologien</li> <li>• Messung mechanischer Größen</li> <li>• Chemo- und Biosensoren</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Grundbegriffe und -strukturen der Sensorik und Aktorik wieder</li> <li>• klassifizieren Sensoren anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte</li> <li>• beschreiben, skizzieren und vergleichen die behandelten Wandlerprinzipien und Technologien zur Herstellung von Sensoren</li> <li>• kennen die behandelten Sensor-Parameter und beurteilen Sensoren anhand dieser</li> <li>• beschreiben und charakterisieren die behandelten Sensoren zur Messung mechanischer Größen</li> <li>• analysieren Elemente der Sensor- und Aktortechnik sowie Schaltungen zur Weiterverarbeitung und Auswertung von Messgrößen</li> <li>• zeigen mögliche Fehlerquellen der Sensorik auf und arbeiten Strategien zur Minimierung der Fehler aus</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Allgemeine Elektrotechnik Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211 Robotics and automation Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german

16	<b>Bibliography</b>	Tränkler, Hans-Rolf: "Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft", 2. Aufl. 2014, Springer Vieweg  Hering, Eckert: "Sensoren in Wissenschaft und Technik - Funktionsweise und Einsatzgebiete", 2. Aufl. 2018, Springer Fachmedien Wiesbaden  Mitchell, H. B.: "Data fusion: concepts and ideas", 2012, Springer
----	---------------------	---

# Symbolic artificial intelligence

1	<b>Module name</b> 93116	<b>AI-1 Systems Project</b> AI-1 Systems project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
5	<b>Contents</b>	<p>This project complements the symbolic AI methods covered in the AI-1 Lecture with practical experience in implementing the algorithms or applying existing state-of-the-art libraries and systems. Practical areas of covered in this project include</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Logic Programming</li> <li>• Rational Agents</li> <li>• Search (classical/adversarial)</li> <li>• Constraint Satisfaction/Propagation</li> <li>• Propositional/First-Order Reasoning</li> <li>• Knowledge Representation</li> <li>• Planning</li> </ul> <p>Project participants will work on multiple concrete problems/applications in small project teams. The results will be</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluated using benchmark/problems and/or competitions between project teams.</li> <li>• documented in (short) project reports and be presented to the group.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop and implement algorithms or apply existing systems/libraries to multiple symbolic AI Problems,</li> <li>• acquire hands-on experience in an established research field,</li> <li>• learn best practices in software development and documentation,</li> <li>• gain first experience in academic writing.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Strong programming skills in any programming language.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 40 h Independent study: 260 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 851420	<b>Projekt zur Künstlichen Intelligenz</b> Project for artificial intelligence	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase PD Dr. Florian Rabe
5	<b>Contents</b>	The KWARC group (Wissensrepräsentation und Verarbeitung) conducts research in knowledge representation and reasoning techniques with a view towards applications in knowledge management. We extend techniques from formal methods so that they can be used in settings where formalization is either infeasible or too costly. We concentrate on developing techniques for marking up the structural semantics in technical documents. This level of markup allows for offering interesting knowledge management services without forcing the author to formalize the document contents. In contrast to courses with fixed topics, project topics are defined individually. See <a href="http://kwarc.info">http://kwarc.info</a> for further information.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden - arbeiten sich in komplexe Softwaresysteme ein und erweitern diese - lernen, eigenständig Lösungsvorschläge auszuarbeiten und umzusetzen - dokumentieren die von ihnen geschriebene Software
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Symbolic Artificial Intelligence Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

# Subsymbolic AI/Machine learning

1	<b>Module name</b> 93117	<b>AI-2 Systems Project</b> AI-2 Systems project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: AI-2 Systems Project (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhase Jan Frederik Schaefer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
5	<b>Contents</b>	<p>This project complements the statistical AI and Machine Learning methods covered in the AI-2 Lecture with practical experience in implementing the algorithms or applying existing state-of-the-art libraries and systems. Practical areas of covered in this project include</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabilistic Reasoning</li> <li>• Bayesian/Decision Networks</li> <li>• Temporal Probability Models</li> <li>• MDP/POMDPs</li> <li>• Inductive Learning</li> <li>• Neural Networks</li> <li>• Statistical Learning</li> <li>• Natural Language Processing</li> </ul> <p>Project participants will work on multiple concrete problems/applications in small project teams. The results will be</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluated using benchmark/problems and/or competitions between project teams.</li> <li>• documented in (short) project reports and be presented to the group.</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop and implement algorithms or apply existing systems/libraries to multiple symbolic AI Problems,</li> <li>• acquire hands-on experience in an established research field,</li> <li>• learn best practices in software development and documentation,</li> <li>• gain first experience in academic writing.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Strong programming skills in any programming language.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 40 h Independent study: 260 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		



1	<b>Module name</b> 615628	<b>Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing</b> Innovation lab for wearable and ubiquitous computing	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Imrana Abdullahi Yari Michael Nissen Charlotte Pradel Matthias Zürl Nils Roth Ann-Kristin Seifer Kai Klede Marlies Nitschke Prof. Dr. Björn Eskofier Alzhaa Ibrahim Johannes Link Mohamad Wehbi Misha Sadeghi	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier Matthias Zürl	
5	<b>Contents</b>	<p>Mini-Computer, die unseren Lebensrhythmus dokumentieren, EKG-Sensoren, die jedes Detail aufzeichnen, Brillen, die uns in eine andere Realität versetzen diesen Technologien begegnen wir mittlerweile ständig im Alltag. Im Innovationslabor für Wearable und Ubiquitous Computing werden solche Technologien von Studierenden entwickelt und gleichzeitig aufgezeigt, wie man mit diesen ein eigenes Startup gründen könnte.</p> <p>Die innovativen Technologien werden dabei prototypisch in Gruppenarbeit (5-8 Studierende) unter Nutzung von agilen Entwicklungsmethoden (Scrum) geschaffen. Den Studierenden steht dabei der Zugang zum Innovationslabor offen, welches mit der nötigen Infrastruktur für die Entwicklung der Prototypen ausgestattet ist. Die Ideen für die Projekte stammen dabei entweder von kooperierenden Firmen oder von den Studierenden selbst.</p> <p>Neben dem Prototyping erlernen die Teilnehmer in Tutorials die Grundlagen für innovatives Arbeiten wie Design Thinking und Patentrecherche. Zudem wird ihnen beigebracht, wie sie nach der Entwicklung ihre Ideen schützen und gegebenenfalls an den Markt bringen können.</p> <p>*Content:*</p> <p>Mini-computers documenting our rhythm of life, EKG-Sensors tracing every detail or glasses, that transfer us into another reality are amongst the technologies we are meanwhile facing in our everyday lives. At the Innovation Lab for Wearable and Ubiquitous Computing students develop such technologies and learn about the possibilities and requirements to build a start-up. By applying agile development methods (Scrum), teams of 5 to 8 students develop prototypes of products within the wearable and ubiquitous computing field. Participating students have</p>	

		open access to the Innovation Lab, which provides them with everything they need to develop their prototypes. The project ideas originate from cooperating companies or the students themselves. Besides the great practical experience gained during development, students also learn about entrepreneurship. There will be tutorials covering design thinking, market analysis, management of development processes, securing intellectual property, and business plan creation.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden nutzen in der gemeinsamen agilen Projektentwicklung das Framework SCRUM.</li> <li>• Die Studierenden führen eine Ideation Session mit ihrem Projektpartner durch.</li> <li>• Die Studierenden lernen, die Ergebnisse ihrer Entwicklung sowohl wissenschaftlich als auch im Kontext eines Sales-Pitches zu präsentieren.</li> <li>• Die Studierenden nutzen Gitlab für die gemeinsame Entwicklung von Software-Anwendungen.</li> <li>• Die Studierenden lernen die verschiedensten Aspekte einer Unternehmensgründung kennen.</li> </ul> <p>*Learning Goals and skills:*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Students use the agile project management framework SCRUM.</li> <li>• Students conduct an ideation session together with project partners.</li> <li>• Students learn to present their results both in a research environment as well as in a sales-pitch environment</li> <li>• Students use Gitlab for the joint development of software applications.</li> <li>• Students are familiarized with various aspects of entrepreneurship and founding.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Portfolio</p> <p>The overall grade consists of four parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Team presentation - 30 min, 5 min per student (30%)</li> <li>• Final business pitch and live prototype demonstration - 10 min (10%)</li> <li>• Hardware/software development, Scrum Meetings, Practical work (40%)</li> <li>• Final documentation - approx. 3-6 pages per student (20%)</li> </ul>
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester

15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 377432	<b>Master-Projekt Datenmanagement</b> Master project data management	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Master-Projekt Datenmanagement (2 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	
5	<b>Contents</b>	<p>Da wir in der Vergangenheit immer mit sehr kleinen Teilnehmerzahlen in unseren Master-Projekten zu tun hatten, haben wir sie nun (nach dem Vorbild anderer Lehrstühle) anders organisiert: Die Teilnehmer erhalten individuelle Aufgaben, die sich in den Projekten am Lehrstuhl ergeben haben und die sich im Rahmen einer solchen Lehrveranstaltung lösen lassen. Sowohl die Wissenschaftlichkeit als auch die erwünschte Team-Arbeit sind durch die Einbettung in diese Projekte gegeben, selbst bei nur einem Teilnehmer oder einer Teilnehmerin.</p> <p>Im Unterschied zu den Examensarbeiten wird die praktische Arbeit einen viel größeren Anteil einnehmen. Literaturarbeit und Dokumentation der Ergebnisse sind immer noch erwünscht, fallen aber deutlich geringer aus als bei Examensarbeiten. In erster Linie wird an Forschungsprototypen mitgearbeitet, die in den Projekten am Lehrstuhl erstellt werden. Das kann Codierung bedeuten, aber auch Messungen und Simulationen, um nur einige Beispiele zu nennen.</p> <p>Wir schlagen Themen vor, aber es ist durchaus zulässig, sich auch selbst Gedanken über ein Thema zu machen. Naheliegende Voraussetzung dafür ist es, sich mit den Projekten am Lehrstuhl zu befassen (siehe Orientierungsvorlesung!) und auch mit den Mitarbeitern zu sprechen, die diese Projekte durchführen.</p> <p>Themenvorschläge finden sich im zugeordneten StudOn-Kurs.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten sich in ein laufendes Forschungsprojekt ein;</li> <li>• arbeiten im Team mit wissenschaftlichen Mitarbeitern und anderen Studierenden;</li> <li>• konzipieren und implementieren Erweiterungen eines komplexen Software-Systems;</li> <li>• verstehen und ergänzen die Dokumentation von komplexen Software-Systemen;</li> <li>• arbeiten mit Versionsverwaltungssystemen;</li> <li>• verwenden Software-Entwicklungs-Tools;</li> <li>• stellen die Ergebnisse ihrer Entwicklung einem Leitungsgremium dar.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio	
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)	

12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	hängt vom gewählten Thema ab

1	<b>Module name</b> 47602	<b>Biomedical Image Analysis Project</b> Project: Biomedical image analysis	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projektseminar: Biomedical Image Analysis Project (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	René Groh Prof. Dr. Andreas Kist Luisa Neubig	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andreas Kist	
5	<b>Contents</b>	<p>Funktionentheorie: Elementare Funktionen komplexer Variablen, holomorphe Funktionen, Integralsatz von Cauchy, Residuentheorie</p> <p>Vektoranalysis: Potentiale, Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale, Parametrisierung, Transformationssatz, Integralsätze, Differentialoperatoren</p> <p>Contents: Function Theory: Elementary functions of complex variables, holomorphic functions, Cauchy integral theorem, theory of residues. Vector Calculus: Potential functions, volume-, surface- and line-integrals, parameterization, transformation theorem, theorems for integrals, differential operators</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren elementare komplexe Funktionen</li> <li>• überprüfen und beurteilen Eigenschaften dieser Funktionen</li> <li>• wenden den Integralsatz von Cauchy an</li> <li>• wenden die Residuentheorie an</li> <li>• berechnen Integrale über mehrdimensionale Bereiche</li> <li>• beobachten Zusammenhänge zwischen Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegralen</li> <li>• ermitteln Volumen-, Oberflächen- und Kurvenintegrale</li> <li>• wenden grundlegende Differentialoperatoren an.</li> <li>• folgern Aussagen anhand grundlegender Beweistechniken in o.g. Bereichen</li> <li>• beachten die Vorzüge einer regelmäßigen Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes</li> </ul> <p>Learning objectives and qualifications: The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyze elementary complex functions</li> <li>- review and evaluate properties of these functions</li> <li>- apply the integral theorem of Cauchy</li> <li>- apply the theory of residues</li> <li>- calculate integrals over multidimensional spaces</li> <li>- observe relationships between volume, surface and curve integrals</li> <li>- Calculate volume, surface and line integrals</li> <li>- apply basic differential operators</li> <li>- derive statements by basic proof techniques in above-mentioned areas</li> </ul>	

		- note the advantages of a regular follow-up and deepen the learning material
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93093	<b>Project Intraoperative Imaging and Machine Learning</b> Project: Intraoperative imaging and machine learning	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Projekt Intraoperative Imaging and Machine Learning (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger	
5	<b>Contents</b>	<p>For many applications, techniques like deep learning allow for considerably faster algorithm development and allow to automate tasks that were performed manually in the past. In medical imaging, a large variety of time-consuming tasks that interfere with clinical workflows has the potential for automation. However, at the same time new challenges arise like data privacy regulations and ethics concerns.</p> <p>In this project, we want to develop an application that allows for the automation of an X-ray based intraoperative planning or measurement procedure from a holistic perspective. To this end, we will invite a surgeon to explain the medical background and visit the operating room to understand the surgeons' needs while performing the task. Having understood the underlying medical problem, we will look into connected topics, e.g., data privacy, code of ethics, prototype development, and UI design for surgeons. In the first part of the project, a predefined set of tasks will be implemented and validated (including a machine learning application and a UI for intraoperative use). In the second part of the project, the students will work on further extensions or adaptations of the prototype proposed by them.</p> <p>At the end of the project, the students will have developed and documented a prototypical application for the intended intraoperative use case.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand fundamental requirements and restrictions in an intraoperative, surgical environment</li> <li>• perform their own literature research on a given subject</li> <li>• independently research this subject according to data privacy and ethical standard</li> <li>• present and introduce the subject to their student peers</li> <li>• develop, implement and explain algorithms or apply existing systems/libraries to above fields</li> <li>• acquire hands-on experience in an established research field</li> <li>• give a scientific talk in English according to international conference standards</li> <li>• describe their results in a scientific report</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Students are required to have initial experience with deep learning and machine learning, e.g., from the module "Deep Learning". This project is recommended for Master's students.</p>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3	



9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 924553	<b>Projekt Maschinelles Lernen und Datenanalytik</b> Project machine learning and data analytics	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Sonstige Lehrveranstaltung: Projekt Maschinelles Lernen und Datenanalytik (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Dr. Dario Zanca	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier An Nguyen Dr. Dario Zanca
5	<b>Contents</b>	<p>At the Machine Learning and Data Analytics Lab we offer project topics that are related to our current research in the fields of Machine Learning, Human Computer Interaction, Modeling and Simulation and Wearable Computing. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually.</p> <p>The 10 ECTS project addresses students of computer science and medical engineering. However, most projects can also be offered as 5 ECTS medical engineering internship/praktikum.</p> <p>There will be a kick-off meeting the first Thursday 16:15-18:00 of each semester where topics in the field of machine learning and data analytics will be presented. Most topics will be related to the diverse research fields of the Machine Learning and Data Analytics Lab. Students also have the possibility to discuss their own project ideas with the supervisors. The distribution of topics will be based on prerequisites and first come, first serve in terms of time of registration until all topics are distributed. Students will have to contact the corresponding supervisor for the topic of interest.</p> <p>Additional topics are also presented on our website.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten sich in einen Algorithmus der Mustererkennung ein und implementieren diesen</li> <li>• arbeiten sich in komplexe Softwaresysteme ein und erweitern diese</li> <li>• lernen, eigenständig Lösungsvorschläge auszuarbeiten und umzusetzen</li> <li>• dokumentieren die von ihnen geschriebene Software</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Portfolio (100%)</p> <p>The overall grade consists of these parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% graded implementation</li> <li>• 25% graded presentation</li> <li>• 25% graded documentation/report</li> </ul>

12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 628205	<b>Projekt Mustererkennung</b> Project: Pattern recognition	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Projekt Computer Vision (0 SWS) Praktikum/Projekt: Projekt Mustererkennung (0 SWS) Praktikum/Projekt: Project Remote Sensing (2 SWS) Praktikum/Projekt: Project Time Series ( SWS)	10 ECTS 10 ECTS 10 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vincent Christlein Martin Mayr Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Marcel Nicolas Dreier Tomas Arias Vergara	

4	<b>Module coordinator</b>	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner
5	<b>Contents</b>	At the Pattern Recognition Lab we offer project topics that are connected to our current research in the fields of medical image processing, speech processing and understanding, computer vision and digital sports. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually. The 10 ECTS project is directed towards students of computer science. However, most projects can also be offered as 5 ECTS medical engineering practical modules (academic laboratory or research laboratory). Please have a look at our website for an overview.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten sich in komplexe Softwaresysteme ein und erweitern diese</li> <li>• lernen, eigenständig Lösungsvorschläge auszuarbeiten und umzusetzen</li> <li>• dokumentieren die von ihnen geschriebene Software</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Portfolio
11	<b>Grading procedure</b>	Portfolio (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english



1	<b>Module name</b> 93112	<b>Project Representation Learning</b> Project: Representation learning	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Project Representation Learning (8 SWS) yes for final presentations and meetings	-
3	Lecturers	Christine Müller Johanna Müller Mischa Dombrowski	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Kainz	
5	<b>Contents</b>	<p>At the Image Data Exploration and Analysis Lab we offer project topics that are connected to our current research in the fields of medical image processing, machine learning, human-in-the-loop computing, and computer vision. Other than a course with fixed topic, project topics are defined individually.</p> <p>The 10 ECTS project is directed towards students of computer science and medical engineering.</p> <p>Please have a look at our website for an overview. <a href="https://www.idea.tf.fau.eu/teaching/open-projects/">https://www.idea.tf.fau.eu/teaching/open-projects/</a></p> <p>Different projects in the area of (deep) representation learning are on offer. These reach from theoretical exploration of new data representation methods to practical evaluation of applications in, e.g., medical image analysis. Further example projects will be made available on the website of the Image Data Exploration and Analysis Lab.</p> <p>Students may also propose their own projects, which will be coordinated and refined with the module lead during preliminary discussions.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students work their way into complex software systems and expand them learn to develop and implement solutions independently document the software they have written.</p> <p>We'll start with a project definition phase, followed by literature research, idea outline and implementation phase. Final results will be presented in a mini-symposium and further explained in a short 10-page scientific report.</p> <p><b>Module aims</b></p> <p>In this module you will have the opportunity to demonstrate independence and originality, to plan and organise a large project over a long period, and to put into practice the knowledge, skills and research methods that you have learnt throughout the course.</p> <p><b>Learning outcomes</b></p> <p>Upon successful completion of this module, you will have demonstrated your ability to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- apply previously taught knowledge and skills to a substantial problem in Computing or Data Science, as an individual</li> <li>- conduct an independent investigation and apply cutting-edge research, methods and thinking appropriate to the problem</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- present complex technical material orally to a mixed audience</li> <li>- exercise scientific writing skills by way of a substantial written report, summarising your findings</li> </ul> <p><b>Module syllabus</b></p> <p>There will be a small number of supporting meetings that will</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. describe the structure of the project, including expectations, milestones and deliverables,</li> <li>2. give guidance on writing and presentation skills targeted specifically at individual projects,</li> <li>3. explain the assessment procedures.</li> </ol> <p>The rest of the project involves an independent investigation under the supervision of an academic advisor.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	You should have very solid programming skills and have knowledge in machine learning, deep learning and computer vision methods.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Subsymbolic AI/Machine Learning Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

# AI systems and applications



1	<b>Module name</b> 44670	<b>AI Project: Computational Visual Perception</b> AI project: Computational visual perception	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Egger	
5	<b>Contents</b>	<p>This project complements the lecture Computational Visual Perception with the opportunity to extend the existing or perform another larger project. The goal is to apply or develop state-of-the-art techniques. Topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computational Cognitive Neuroscience</li> <li>• Perception of Faces</li> <li>• Statistical Shape Modelling</li> <li>• Computer Vision</li> <li>• Computer Vision applications</li> <li>• 3D Computer Vision</li> <li>• Neural scene representations</li> <li>• Adversarial robustness</li> <li>• Deepfake detection</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop, implement and explain algorithms or apply existing systems/libraries to above fields,</li> <li>• acquire hands-on experience in an established research field,</li> <li>• gain experience in academic writing.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Computational Visual Perception or equivalent</li> <li>• Basic Knowledge in Computer Graphics or Machine Learning</li> </ul>	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 40 h Independent study: 260 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 93141	<b>Applied Software Engineering Master-Projekt</b> Applied software engineering Master's project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Applied Software Engineering Master-Projekt (OSS-PROJ) (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Riehle	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Riehle	
5	<b>Contents</b>	<p>This module lets students fulfill their degree program's project obligation by performing a project in software engineering and/or open source. We prefer that you use one of our existing courses for your project obligation, but are willing to have you for a one-off topic if none of our courses fit.</p> <p>Project topics should be in the domain of (applied) software engineering and may or may not include open source software as a topic. You can find current seminar / project / thesis topics at <a href="https://oss.cs.fau.de/fun">https://oss.cs.fau.de/fun</a>; all topics are customizable to your needs (ECTS points).</p> <p>If you find something that interests you, please talk to the respective person listed in the topic description (bottom of document, usually).</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students learn to program a software component as part of one of our projects</li> <li>• Students learn to work with a lead programmer in a continuous delivery process</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 300 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 43932	<b>Computational Imaging Project</b> Computational imaging project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Computational Imaging Project (8 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Florian Knoll	
5	<b>Contents</b>	Individual or group projects in the area of computational methods in biomedical imaging. The projects range from theoretical analysis to practical implementations of approaches that have recently been published in the literature. Students can either propose their own topics or contact the lecturer for a list of available topics. The project can be done either as 10 ECTS or a 5 ECTS depending on the scope of the work and the study program. If you want to do a project in this semester, please write an email to Prof. Knoll at the beginning of the semester to discuss possible topics.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students acquire and practice the skills to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Read and discuss literature from the field of biomedical imaging</li> <li>• Implement approaches that are proposed in the literature</li> <li>• Run computational experiments and interpret and communicate their findings in lab meetings</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: Computational Magnetic Resonance Imaging Lecture and Medical Engineering II	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement The grade is determined by: 50% Software development of approaches from the literature. 25% Presentation of the software and the results in the lab group meeting. 25% Written documentation of the development in form of a project report (max 10 pages).	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>	An individual reading list will be established at the beginning of each project.	

1	<b>Module name</b> 93111	<b>Rechnerarchitekturen für Deep-Learning Anwendungen</b> Computer architectures for deep-learning applications	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Dr.-Ing. Marc Reichenbach
5	<b>Contents</b>	<p>Maschinelles Lernen, im speziellen Deep-Learning Netzwerke haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Anwendungsfelder umfassen beispielsweise für die Klassifikation von Bildern, das Verstehen von menschlicher Sprache oder die Überwachung von Rechentechnik bzgl. IT-Angriffen. Während die Grundlagen von Deep-Learning (Neuronale Netze) schon über einen langen Zeitraum erforscht wurden, ist eine flächendeckende Anwendung von Deep-Learning Netzwerken erst seit jüngster Zeit möglich, da nun entsprechende leistungsfähige Rechnerarchitekturen zur Verfügung stehen um die aufwendigen Berechnungen durchzuführen.</p> <p>Das genannte Praktikum beschäftigt sich mit der Evaluierung verschiedener Rechnerarchitekturen (mit entsprechenden Architektureigenschaften) bzgl. der performanten Auswertung von Deep-Learning Netzwerken. Dabei werden die Architekturen CPU, GPU und FPGA genauer untersucht und bewertet. Für eine schnelle Auswertung von Deep-Learning Netzwerken spielt Parallelrechentechnik eine wichtige Rolle, deswegen werden unter anderem folgende Fragen im Praktikum genauer beantwortet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie kann ich Multi-Core CPUs effizient nutzen?</li> <li>• Kann ich mit der Verwendung der SIMD-Extensions (SSE, AVX) eine Beschleunigung der Auswertegeschwindigkeit erzielen?</li> <li>• Was sind GPUs und wie kann ich die massive Parallelität für die Auswertung von Deep-Learning Netzwerken nutzen?</li> <li>• Welche Rolle spielen Caches bzw. die Speicherhierarchie eines Rechensystems für die schnelle Auswertung von Deep-Learning Netzwerken?</li> <li>• Wie können FPGAs genutzt werden um Deep-Learning Netzwerke applikationsspezifisch zu implementieren?</li> </ul> <p>Für einen einfachen Einstieg wird das Deep-Learning Framework Tensorflow verwendet. Anhand einfacher Beispiele können o.g. Fragen beantwortet werden. Ein größeres Beispiel, gerechnet auf unseren eigenen Servern mit Hardware von AMD, Intel und Nvidia zeigt wie sich reale Anwendungen effizient mit "Customer-Hardware" umsetzen lassen. Hardware in verschiedenen Leistungsklassen (von wenigen Milliwatt bis mehrere Kilowatt) steht dabei zur Verfügung. Die Experimente werden in unserem Parallelrechenlabor durchgeführt. Die Studierenden erhalten eine Einführung in Form von Vorträgen. Hauptbestandteil ist die praktische Arbeit mit genannten Rechnerarchitekturen durch effiziente Programmierung mittels C(++),</p>

		Cuda, OpenCL. Für den erfolgreichen Abschluss des Praktikums ist Kolloquium (ca. 15 Minuten) zu bestehen und ein Bericht (ca. 10 Seiten) anzufertigen.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Verstehen Die Studierenden verstehen die elementaren Grundfunktion neuronaler Netze und wie sich diese auf Hardware abbilden lassen. Die Studierenden lernen die Architekturen CPU, GPU und FPGA kennen, verstehen den internen Aufbau und können die wesentlichen Architektureigenschaften wiedergeben.</p> <p>Analysieren Die Studierenden nutzen CPUs, GPUs und FPGAs für die Auswertung von DL-Netzwerken. Dabei können sie Performancemetriken (Laufzeit, Energieverbrauch) anwenden.</p> <p>Evaluieren Die Studierenden können die Architekturen CPU, GPU und FPGA hinsichtlich ihrer Eignung für die Auswertung von DL-Netzwerken vergleichen.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Programmierkenntnisse in C</li> <li>• Freude an der Hardware</li> <li>• Detaillierte Kenntnisse in FPGAs, VHDL oder Assembler sind nicht erforderlich</li> <li>• Wissen im Bereich Deep-Learning / Tensorflow ist nicht erforderlich</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques for Building Intelligent Systems; Aurélien Géron

1	<b>Module name</b> 93190	<b>Fabrication Project</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Fabrication Project ( SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Mathias Harrer Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tim Weyrich	
5	<b>Contents</b>	<p>This project (M.Sc.-level practical) conveys hands-on experience with computer-aided fabrication, chiefly 3D printing. The target audience are M.Sc. Computer Science students with an interest in Visual Computing, and the module will capitalise on computer science skills.</p> <p>As part of the project, students will work on five consecutive assignments (marked), in groups of 2 or 3 students. All assignments are self-contained, teaching students through hands-on experiences. All assignments will allow students to obtain extra points through creative solutions and original ideas. Especially the final assignment is large "freestyle", where students will show their ability to combine skills learned in this module.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the working principles of 3D printing, laser cutting, milling</li> <li>• understand the different modelling paradigms (and gaining a rough overview over industry std.)</li> <li>• be able to analyse a fabrication problem and choose the right fabrication technology</li> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ meet certain functional specifications (strength, weight, shape, articulation, surface finish, etc.)</li> <li>◦ meet the constraints of the fabrication method</li> </ul> </li> <li>• hands-on experience with operating a 3D printer</li> <li>• create their own physical artefacts that meet functional and aesthetic requirements</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	A good grasp of computer graphics.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 180 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	

16	<b>Bibliography</b>	None
----	---------------------	------

1	<b>Module name</b> 93103	<b>Hands on Rehabilitation and Assistive Robotics (HandsOnRAR)</b> Hands on rehabilitation and assistive robotics (HandsOnRAR)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Hands on Rehabilitation and Assistive Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. rer. nat. Sabine Thürauf Prof. Dr. Claudio Castellini Marc-Anton Scheidl Fabio Egle Hannah Braun Marek Sierotowicz	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini Fabio Egle Marek Sierotowicz
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hands on signal processing: Gathering and storing signals, analysing them with Matlab / Python, statistical analysis, plotting and meaningfully visualising your data.</li> <li>• Hands on software: The interactiveMyocontrol (iM-Blocks) suite, peculiarities, open problems, architecture. Building your own signal interpretation and processing environment, connecting ot with robotic hardware in the lab and/or virtual reality.</li> <li>• Hands on user studies: properly designing, carrying out and evaluating a user study in RAR.</li> <li>• Hands on hardware: Using the robotic platforms in the lab to achieve better control, more human-friendly interaction, more proficient therapies.</li> <li>• Hands on 3D printing, mechanical design and electronics: Designing and creating small helper devices, improving on existing platforms, better physical interaction with the human body.</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students who have carried out this internship</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• have a practical understanding of Rehabilitation and Assistive Robotics, the motivations, problems, and challenges</li> <li>• can conceive and design research-related software and hardware for RAR</li> <li>• have knowledge about the clinical and industrial situation in RAR and possibly have been in contact with a patient, gaining some insight in the clinical situation</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<p>Recommended: One of the courses offered by the Chair, such as e.g., Upper-limb Prosthetics or Intent Detection and Feedback.</p> <p>This module can be used as Academic Lab/Hochschulpraktikum (M6.1) in the Master's program Medical Engineering.</p>
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3



9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (0%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93161	<b>Interactive Visualization Project</b> Interactive visualization project	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther	
5	<b>Contents</b>	<p>Scientific computing is an essential building block in many scientific disciplines. Over the past years, the data complexity has increased rapidly in terms of size, dimensionality, and in the number of variables. In this group project, we will interactively visualize such scientific data sets, arising in fields such as climate science, cosmology, oceanology, fluid dynamics and geosciences.</p> <p><b>Group Project:</b> In teams of 3-4 students, a scientific data set of choice is processed and visualized. Students are free to choose from a given set of data sets, including satellite measurements of volcanic eruptions, salt ensemble simulation, cosmology simulation, asteroid impact simulation, vortex street, weather simulation, ocean eddy simulation, Earth mantle convection, and wildfire simulation. During the first weeks, we develop a demo visualization system together, which will contain basic functionality such as direct and indirect volume rendering, as well as particle tracing. The group projects can be built on top of this demo system.</p> <p><b>Lecture:</b> The group project is accompanied by a lecture, which covers implementation aspects of the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• introduction to VTK and the programming framework (C++),</li> <li>• volume visualization (ray marching and marching cubes),</li> <li>• differential multi-variate calculus (scalar and vector fields, discretization),</li> <li>• numerical integration of particle trajectories (explicit integration schemes),</li> <li>• shader programming (for direct volume rendering),</li> <li>• image-based flow visualization (line integral convolutions),</li> <li>• vector field topology (critical point extraction and classification),</li> <li>• parallel vectors operator (feature definitions and numerical extraction),</li> <li>• vortex extraction (region-based and line-based techniques),</li> <li>• Lagrangian coherent structures (finite-time Lyapunov exponents),</li> <li>• reference frames (transformation and optimization)</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• implement interactive visualization algorithms</li> <li>• analyze the features in the scientific data set</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• present their progress and results orally</li> <li>• write a report on their data analysis</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Required: Algorithmen und Datenstrukturen</li> <li>• Recommended to attend before or in the same semester: Scientific Visualization (formerly Applied Visualization)</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47676	<b>Projekt Biomedical Network Science</b> Project: Biomedical network science	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Projekt Biomedical Network Science (4 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. David Blumenthal	
5	<b>Contents</b>	The Biomedical Network Science (BIONETS) lab investigates molecular disease mechanisms using techniques from combinatorial optimization, network science, and artificial intelligence. We also develop privacy-preserving decentralized biomedical AI solutions, which enable cross-institutional studies on sensitive data. Students will work on individual research topics within these field and develop prototypes of software tools to solve the addressed problems.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop and implement an algorithm for a problem within the field of biomedical networks science which, in certain respects, improves upon the state-of-the-art,</li> <li>• apply best practices in software development and documentation,</li> <li>• write an academic report.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Strong programming skills in any programming language.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	All relevant research literature will be made available in StudOn.	

1	<b>Module name</b> 43387	<b>Project Digital Reality</b> Project digital reality	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Projekt: Project Digital Reality (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tim Weyrich	
5	<b>Contents</b>	The project addresses current research topics in the domains of computer graphics, computer vision and machine learning with a focus on applications and techniques that bridge reality and the digital domain.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students know <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ the current limitations in the field</li> <li>◦ the core ideas and algorithms of current research work</li> <li>◦ their own software prototype to solve a complex problem with modern hardware and methods and evaluate by themselves the effectiveness of such</li> </ul> </li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 93164	<b>Project Music and Audio Processing</b> Project music and audio processing	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum/Projekt: Project Music and Audio Processing (0 SWS)	10 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Meinard Müller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Meinard Müller	
5	<b>Contents</b>	At the International Audio Laboratories Erlangen we offer project topics that are connected to our current research in the field of semantic audio processing with a focus on music analysis, retrieval, and classification applications. Project topics are defined individually. The 10 ECTS project is directed towards students of computer science. Please directly contact Meinard Müller for further details and possible project topics.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• familiarize themselves with complex software systems and expand them</li> <li>• learn to develop and implement solutions independently</li> <li>• conduct systematic experiments and evaluate results</li> <li>• document the software they develop</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 47629	<b>Neurotechnology Project</b> Project: Neurotechnology	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Praktikum: Neurotechnology Project (8 SWS)	-
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tobias Reichenbach
5	<b>Contents</b>	<p>Projekte im Bereich der künstlichen neuronalen Netzwerke, der Brain-Machine Interfaces (BCIs) und der neuronalen Prothesen.</p> <p>---</p> <p>Projects in the field of artificial neural networks, brain-machine interfaces (BCIs) and neural prostheses.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Prinzipien der Analyse neuronaler Signale benutzen</li> <li>- Können Informationstheorie zur Beschreibung neuronaler Aktivität anwenden</li> <li>- Können die Dynamik einzelner Neurone wie auch von neuronalen Netzwerken mathematisch beschreiben</li> <li>- Können Ansätze zur Konstruktion von Brain-Machine Interfaces (BCIs) implementieren</li> <li>- Können Konzepte zum Design neuronaler Prothesen anwenden</li> </ul> <p>---</p> <p>The students...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- can use principles of analysis of neural signals.</li> <li>- can apply information theory to describe neuronal activity.</li> <li>- can describe the dynamics of individual neurons as well as of neural networks mathematically.</li> <li>- can implement approaches to the construction of Brain-Machine Interfaces (BCIs).</li> <li>- can apply concepts to the design of neural prostheses.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211

		This module can be used as a combination of M6.1 (Academic Lab) and M6.2 (Research Lab) in the Master's program Medical Engineering.
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement Schriftlicher Bericht (50%) mündlicher Bericht (50%)
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 25 h Independent study: 275 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	
16	<b>Bibliography</b>	<p>Dayan, Peter, and Laurence F. Abbott. <i>Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems</i>. Computational Neuroscience Series, 2001.</p> <p>Gerstner, Wulfram, et al. <i>Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition</i>. Cambridge University Press, 2014.</p> <p>Oweiss, Karim G., ed. <i>Statistical signal processing for neuroscience and neurotechnology</i>. Academic Press, 2010.</p> <p>Maurits, Natasha. <i>From neurology to methodology and back: an introduction to clinical neuroengineering</i>. Springer Science &amp; Business Media, 2011.</p> <p>Clément, Claude. <i>Brain-Computer Interface Technologies</i>. Springer International Publishing, 2019.</p> <p>DiLorenzo, Daniel J., and Joseph D. Bronzino, eds. <i>Neuroengineering</i>. CRC Press, 2007.</p>



1	<b>Module name</b> 47687	<b>Research Project on Intelligent Sensorimotor Systems</b> Research project on intelligent sensorimotor systems	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Simon Bachhuber Prof. Dr.-Ing. Thomas Seel	
5	<b>Contents</b>	<p>Participants will work on individual research projects that are related to our current research in the fields of Modeling and Simulation of Dynamical Systems, Sensor Fusion, Hybrid AI, Dynamic Inference and Learning, Combining Systems and Control with Machine Learning for Prevention, Diagnosis and Treatment Solutions. Unlike a course with fixed contents, the project topics are defined individually based on current research questions and personal preferences and prerequisites.</p> <p>This research project is ideal for for a range of degree programs with 10 ECTS projects. However, most projects can also be offered as 5 ECTS medical engineering internship/praktikum. All interested students are kindly asked to contact us by email.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Participants will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• systematically analyze a complex research and create solution approaches</li> <li>• devise AI methods and develop algorithms that implement these methods</li> <li>• generate and analyze high-dimensional data set by simulations or experiments</li> <li>• create a versatile and well-documented solution tool chain</li> <li>• evaluate research results to derive precise conclusions</li> <li>• present their method, results and findings</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Variable	
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	



1	<b>Module name</b> 44642	<b>Ausgewählte Projekte der Computergraphik (GraPro)</b> Selected projects in computer graphics (GraPro)	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr.-Ing. Frank Bauer Philipp Kurth Prof. Dr. Tim Weyrich
5	<b>Contents</b>	Wie entstehen eigentlich digitale Inhalte in einem Museum? In diesem Projekt-Seminar lernen Sie den zugrundeliegenden Ablauf in Zusammenarbeit mit dem Germanischen Nationalmuseum kennen. Dabei arbeiten Sie selbst an jedem Schritt mit: vom Scan im Museum über die 3D-Rekonstruktion und Aufbereitung der Daten (in Blender) bis zur inhaltlichen Gestaltung (mit Unity 3D) und finalen Veröffentlichung z.B. über Sketchfab. Durch das Semester werden Sie immer begleitet von Experten aus dem Germanischen Nationalmuseum, Mitarbeitern der Computergrafik und der Digital Humanities in Erlangen. So können Sie im Laufe des Semesters eine digitale Ausstellung von Anfang bis Ende interaktiv und spannend gestalten.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Fachkompetenz Erschaffen Lernende planen, entwerfen und produzieren unter Zuhilfenahme von typischen Werkzeugen der Computergrafik eine digitale Ausstellung für eine reales Museumsobjekt.
7	<b>Prerequisites</b>	Sie sollten bereits über grundlegende Programmierkenntnisse verfügen. Mögliche Vorlesungen sind z.B. AuD, IWGS oder GdI. Idealerweise haben Sie auch bereits Erfahrung im Umgang mit 3D-Software oder die Veranstaltung Computergrafik absolviert.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 2
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 100 h Independent study: 200 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93142	<b>The AMOS Project (SD Role, PROJ 10 ECTS)</b> The AMOS Project (SD Role, Proj 10 ECTS)	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: The AMOS Project (VL) (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Dirk Riehle	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Riehle
5	<b>Contents</b>	<p>This course teaches agile methods (Scrum and XP) and open source tools using a single semester-long project.</p> <p>Topics covered are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agile methods and related software development processes</li> <li>• Scrum roles, process practices, including product and engineering management</li> <li>• Technical practices like refactoring, continuous integration, and test-driven development</li> <li>• Principles and best practices of open source software development</li> </ul> <p>The project is a software development project in which each student team works with an industry partner who provides the idea for the project. This is a practical hands-on experience. Students can play one of two primary roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Product owner. In this function, a student defines, prioritizes, communicates, and reviews requirements. The total effort adds up to 5 ECTS.</li> <li>• Software developer. In this function, a student estimates their effort for requirements and implements them. The total effort adds up to 10 ECTS.</li> </ul> <p>Students will be organized into teams of 7-8 people, combining product owners with software developers. An industry partner will provide requirements to be worked out in detail by the product owners and to be realized by the software developers. The available projects will be presented in the run-up to the course.</p> <p>Class consists of a 90min lecture followed by a 90min team meeting. Rooms and times for team meetings are assigned at the beginning of the semester.</p> <p>You must be able to regularly participate in the team meetings. If you can't, do not sign up for this course. Students choosing the software developer role must have prior software development experience. Sign-up and further course information are available at <a href="https://amos.uni1.de">https://amos.uni1.de</a> - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible.</p> <p>The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students learn about software products and software development in an industry context</li> <li>• Students learn about agile methods, in particular, Scrum and Extreme Programming</li> <li>• Students gain practical hands-on experience with a Scrum process and XP technical practices</li> </ul>

7	<b>Prerequisites</b>	- For software developer role: OSS-ADAP
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	AI Systems and Applications Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Practical achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Practical achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 240 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

# Advanced seminar

1	<b>Module name</b> 47685	<b>Advanced machine learning for anomaly detection</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Advanced Machine Learning for Anomaly Detection (2 SWS, SoSe 2024) yes for presentations	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Kainz	
5	<b>Contents</b>	<p>Anomaly and out-of-distribution detection is becoming an important new paradigm in machine learning. We will discuss recent approaches in the area and critically analyse research papers.</p> <p>Syllabus This is a journal club style seminar about recent research results. Students will present different state-of-the-art anomaly detection approaches in various domains and are expected to join the weekly discussion round.</p> <p>Human-in-the-Loop Machine Learning describes processes in which humans and Machine Learning algorithms interact to solve one or more of the following:  Making Machine Learning more accurate  Getting Machine Learning to the desired accuracy faster  Making humans more accurate  Making humans more efficient</p> <p>Aim of this seminar is to give students insights about state-of-the-art Active Learning and interactive data analysis methods. Students will work independently on specific topics including implementation and analytical components alongside student-led lectures delivered by guest lectures and flipped classroom sessions, where students explore a topic independently, which is then discussed in class. Several potential topics will be provided but students are also encouraged to propose their own topics (after discussion with course lead).</p> <p>Topics covered will include but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• generative model</li> <li>• self-supervised methods</li> <li>• deep representation learning</li> <li>• self-organising systems</li> <li>• Active Learning Strategies</li> <li>• Uncertainty Sampling</li> <li>• Diversity Sampling</li> <li>• Annotating Data for Machine Learning</li> <li>• Who are the right people to annotate your data?</li> <li>• Quality control for data annotation</li> <li>• User interfaces for data annotation</li> <li>• Transfer Learning and Pre-Trained Models</li> <li>• What are Embeddings?</li> <li>• What is Transfer Learning?</li> <li>• Adaptive Learning</li> <li>• Machine-Learning for aiding human annotation</li> <li>• Advanced Human-in-the-Loop Machine Learning</li> </ul>	

6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• perform their own literature research on a given subject</li> <li>• independently research this subject</li> <li>• present and introduce the subject to their student peers</li> <li>• give a scientific talk in English according to international conference standards</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	You should have very solid programming skills and have knowlege in machine learning, deep learning and computer vision methods.
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 661589	<b>Advanced Simulation Technology</b> Advanced simulation technology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47672	<b>Applied Neural Engineering: Brain and Spine Neurosurgery and Human/Machine Interfaces</b> Applied neural engineering: Brain and spine neurosurgery and human/machine interfaces	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Prof. Dr. med. Thomas Mehari Kinfe
5	<b>Contents</b>	The central nervous system is a biological structure with high temporal resolution. For example, when we are controlling a muscle to prevent slipping or catching a falling object, the CNS must generate intelligent behaviour at the millisecond time scale. Therefore, for an accurate prediction of these events we must record from relevant neural structures with high temporal resolution. Electrophysiological recordings and electrical stimulation of the nervous system provide a unique framework to study and control the behaviour of the CNS.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students describe the current state of the art methods to implant electrodes in the brain as well as in the spinal cord and muscle. Moreover, as a core work of this seminar, students analyse these signals and understand the rationale behind the utilization of brain/machine interfaces that can record and stimulate concurrently at the millisecond time scale. With this seminar, students learn the current methods for human/machine interfaces from populations of neurons, interfacing and electrical stimulation of the human nervous system with an emphasis on deep brain stimulation (tremor reduction), pain reduction via afferent stimulation, neurorecovery via electrical stimulation of the spinal cord, and brain-computer interfaces. A specific focus of this seminar will be the students' interpretation of relevant new literature on brain-machine interfaces from an engineering and neurosurgical perspective, specifically to critically evaluate what are the limits from a neurosurgical and neuroengineering perspective. The students review their findings in a written report that follows good scientific practice.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Presentation and paper. The students will give a scientific presentation in English.
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%) Presentation: 50%, paper: 50%.
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester

13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>-Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD</p> <p>-Neural Engineering, Edited by Bin He</p> <p>-Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller</p> <p><a href="https://www.nature.com/articles/nrn3724">https://www.nature.com/articles/nrn3724</a></p> <p>Burst Motor Cortex Stimulation Evokes Sustained Suppression of Thalamic Stroke Pain: A Narrative Review and Single-Case Overview. Martin Nüssel, Melanie Hamperl, Anna Maslarova, Shafqat R Chaudhry, Julia Köhn, Andreas Stadlbauer, Michael Buchfelder, Thomas Kinfe. Pain Ther. 2020. doi: 10.1007/s40122-020-00221-0. Impact factor 5.6</p> <p>Burst spinal cord stimulation: Review of preclinical studies and comments on clinical outcomes. Krishnan Chakravarthy, Alex Kent, Adil Reza, Fangfang Xing, Jeff Kramer, Lawrence Poree and Thomas M. Kinfe Neuromodulation Neuromodulation. 2019;22(3):235-243.</p>

1	<b>Module name</b> 93126	<b>Automaten über unendlichen Wörtern</b> Automatons over infinite words	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Automaten über unendlichen Wörtern ( SWS, SoSe 2024) Es besteht keine Anwesenheitspflicht; regelmäßige aktive Teilnahme wird aber erwartet.	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Lutz Schröder	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Büchi-, Street- und Muller-Automaten</li> <li>• Unendliche Spiele und Determiniertheit</li> <li>• Determinisierung, Safra/Piterman-Konstruktion</li> <li>• Komplementierung</li> <li>• Alternierung</li> <li>• Baumautomaten</li> <li>• Modaler <math>\mu</math>-Kalkül</li> <li>• Monadic Second Order Logic</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz Wissen</b> Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate der Theorie der unendlichen Spiele und Automaten über unendlichen Strukturen wieder. <b>Verstehen</b> Die Studierenden erläutern grundlegende algorithmische Verfahren für Automaten und Spiele. <b>Anwenden</b> Die Studierenden teilen Automaten- und Spielbegriffe hinsichtlich ihrer Komplexität und ihrer Ausdrucksstärke ein. <b>Erschaffen</b> Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf.</p> <p><b>Lern- bzw. Methodenkompetenz</b> Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. <b>Sozialkompetenz</b> Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Das Seminar setzt Kenntnisse in Automatentheorie voraus.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Die Prüfungsleistung besteht in einer Ausarbeitung und einem 90-minütigen erfolgreichen Vortrag.	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 Semester semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english	

16 **Bibliography**

Erich Grädel, Wolfgang Thomas, Thomas Wilke: Automata, Logics, and Infinite Games: A Guide to Current Research. Lecture Notes in Computer Science 2500, Springer, 2002.

Nir Piterman: From Nondeterministic Büchi and Streett Automata to Deterministic Parity Automata. Logical Methods in Computer Science 3(3) (2007)

Oliver Friedmann, Martin Lange: The Modal  $\mu$ -Calculus Caught Off Guard. TABLEAUX 2011: 149-163

Damian Niwinski, Igor Walukiewicz: Games for the  $\mu$ -Calculus. Theor. Comput. Sci. 163: 99-116 (1996)

---

1	<b>Module name</b> 93138	<b>Big Data Seminar</b> Big Data seminar	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannende Inhalte des Forschungsfeldes Big Data</li> <li>• Selbstständige Einarbeitung in führende Technologien</li> <li>• Industriegetriebene wissenschaftliche Fragestellungen</li> <li>• Eigene Themenvorschläge ebenfalls gerne willkommen!</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten mit wissenschaftlicher Literatur;</li> <li>• vereinheitlichen unterschiedliche Begriffsbildungen;</li> <li>• fassen ihre Exzerpte in einem Vortrag zusammen;</li> <li>• formulieren eine kurze Zusammenfassung des Vortrags (Extended Abstract)</li> <li>• vertreten ihre Auffassung in einer Diskussion</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	<p>Seminar achievement</p> <p>Die Bewertung der Prüfungsleistung setzt sich zu gleichen Teilen zusammen aus der Seminararbeit (ca. 10 Seiten) und dem Vortrag (ca. 30 Min. Präsentation, zzgl. 15 Minuten)</p>	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig	
13	<b>Workload in clock hours</b>	<p>Contact hours: 30 h</p> <p>Independent study: 120 h</p>	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	<p>german</p> <p>english</p>	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 921878	<b>Blender Seminar</b> Blender seminar	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	<b>Contents</b>	In diesem Modul vermitteln wir grundlegende Kenntnisse über den Umgang mit 3D-Modellierungstools und zur Planung von Projekten anhand der OpenSource Software Blender.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <p>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... mathematische Grundlagen verschiedener Beleuchtungsmodelle darlegen</li> <li>• ... Konzepte der Szenengestaltung und Beleuchtung reproduzieren</li> <li>• ... Mathematische Grundlagen zu Interpolationsverfahren darlegen</li> <li>• ... sich an Lizenzmodellen für eigene Werke erinnern</li> <li>• ... über verschiedene Strategien zur Projekt- und Teamplanung berichten</li> </ul> <p>Verstehen</p> <p>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... verschiedene Verfahren zur Keyframe- oder Vertexinterpolation schildern</li> <li>• ... Probleme bei der Erstellung von Geometrie aufzeigen</li> <li>• ... Probleme des Photon-Tracing illustrieren</li> </ul> <p>Anwenden</p> <p>Studierende können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... Wissen über Szenengestaltung und Beleuchtung auf konkrete Beispiele anwenden</li> <li>• ... eigene Materialshader auf der Grundlage vorgegebener Formeln/Vorschriften in Blender umsetzen</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstständige Projektplanung, Teamorganisation und Umsetzung eines 3D-Projektes in vorgegebenem Zeitfenstern</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 80 h Independent study: 70 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 47613	<b>Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data</b>	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Catching your eyes: AI-driven modeling and analysis of eye-tracking data (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Dario Zanca	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Dario Zanca	
5	<b>Contents</b>	<p>Contents</p> <p>Seeing is a complex activity. Humans perform eye movements to actively seek for useful information, while regulating pupil size to control the amount of light to be captured. Eye-tracking can be used to record the eyes activity. It is a powerful tool to study human gaze behavior and it can be used to assess the health condition of individuals. The aim of this seminar is to become familiar with eye-tracking data and their use in different domains, from neuroscience and artificial intelligence (to understand and simulate human attention), to medicine and psychology (to identify eye-tracking based biomarkers). Different methods will be introduced and compared. Students will study on state-of-the-art papers and present the details of the chosen topic described in the papers. Alternatively, the student may work on experimental task and present the result of applying state of the art methods.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>After completing the module, students will be able to describe an eye-tracking experimental setup and how to work with eye-tracking data.</p> <p>be able to explain the common eye-tracking data analysis techniques.</p> <p>be able to explain the state-of-the-art saliency and scanpath models to predict human visual attention.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>	<p>Itti, L., Koch, C., &amp; Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. <i>IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence</i>, 20(11), 1254-1259.</p> <p>Borji, A., &amp; Itti, L. (2012). State-of-the-art in visual attention modeling. <i>IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence</i>, 35(1), 185-207.</p>	

Judd, T., Ehinger, K., Durand, F., & Torralba, A. (2009, September). Learning to predict where humans look. In 2009 IEEE 12th international conference on computer vision (pp. 2106-2113). IEEE.

Zanca, D., & Gori, M. (2017, December). Variational laws of visual attention for dynamic scenes. In Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (pp. 3826-3835).

Zanca, D., Melacci, S., & Gori, M. (2019). Gravitational laws of focus of attention. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 42(12), 2983-2995.

Zanca, D., Gori, M., Melacci, S., & Rufa, A. (2020). Gravitational models explain shifts on human visual attention. *Scientific Reports*, 10(1), 1-9.

Bellet, M. E., Bellet, J., Nienborg, H., Hafed, Z. M., & Berens, P. (2019). Human-level saccade detection performance using deep neural networks. *Journal of neurophysiology*, 121(2), 646-661.

Piu, P., Serchi, V., Rosini, F., & Rufa, A. (2019). A cross-recurrence analysis of the pupil size fluctuations in steady scotopic conditions. *Frontiers in neuroscience*, 13, 407.

Zénon, A. (2017). Time-domain analysis for extracting fast-paced pupil responses. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.

Bargagli, A., Fontanelli, E., Zanca, D., Castelli, I., Rosini, F., Maddii, S., ... & Rufa, A. (2020). Neurophthalmologic and Orthoptic Ambulatory Assessments Reveal Ocular and Visual Changes in Patients With Early Alzheimer and Parkinson's Disease. *Frontiers in Neurology*, 11.

1	<b>Module name</b> 47601	<b>Ethics and Philosophy of AI</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Vincent Cornelius Müller
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable Written exam, 90 minutes.
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93174	<b>Fantastic datasets and where to find them</b>	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module! Yes. We expect compulsory attendance in the first three and in the last seminar sessions, which is to be communicated at the beginning of the seminar.	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andreas Kist	
5	<b>Contents</b>	<p>Datasets are crucial to train modern artificial intelligence algorithms. In this seminar, students will be first faced with the theoretical background of datasets, how datasets are created and disseminated, as well as comply to the FAIR principles. We will cover dataset repositories and data types. In the first three weeks, students will create their own set of data and metadata and will experience the design and creation process of a dataset.</p> <p>In the second block of the seminar, students are assigned to a given dataset from a pre-selection of datasets important in the field of machine learning and artificial intelligence. The students' task is to create an open educational resource (OER), similar to a YouTube video, about their assigned dataset explaining the back story of the dataset, as well as its usage in a contemporary context. The generation of the OER will be self-paced with the option to work on the OER during the normal seminar hours.</p> <p>In the third block, students will be assigned to two other dataset OERs of their peer group and will give constructive feedback. The constructive feedback and the OERs will be discussed in the full group. Finally, the students will incorporate the feedback to their OERs and publish them openly on a dedicated seminar YouTube channel.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Subject competence</b> Students acquire broad knowledge of (biomedical) datasets and how they are created (Knowledge). Through the course, students will be able to reproduce examples of different dataset modalities and describe advantages and disadvantages of datasets (Understanding). Through the course, students will be able to classify and grade the quality of a dataset, and explain the limitations of a given dataset (Apply and Evaluate/Judge). Students will be further able to characterize data sets independently (Analyze). Students gain a comprehensive insight into which criteria are important in the construction of new data sets by creating their own one (Create).</p> <p><b>Learning or methodological competence and self-competence</b></p>	

		<p>Students learn to present a data set in a structured and coherent way through the creation of an open educational resource (OER) video. They also learn how to record, edit, compile and disseminate content.</p> <p>Students are given the opportunity to learn how to communicate effectively using their own words and give constructive feedback to others.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	We strongly recommend previous knowledge and ideally hands-on experience in Artificial Intelligence and/or Deep Learning to understand the implications discussed in the seminar.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Seminar aim is to successfully create an OER (open educational resource), i.e. a Video that lasts at least 10 min
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%) The grade consists of the OER storyboard (2x weighted) and the final OER (1x weighted), which will be assessed using the following metrics: content, comprehensiveness, storyline, clarity, precise and concise presentation, quality of material and fitting the scope.
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hylén, J. (2020). Open educational resources: Opportunities and challenges.</li> <li>• Ehlers, U. D. (2011). Extending the territory: From open educational resources to open educational practices. <i>Journal of open, flexible and distance learning</i>, 15(2), 1-10.</li> <li>• Nichols, T. E. et al. Best practices in data analysis and sharing in neuroimaging using MRI. <i>Nat. Neurosci.</i> 20, 299–303 (2017).</li> <li>• Horien, C. et al. A hitchhiker's guide to working with large, open-source neuroimaging datasets. <i>Nat Hum Behav</i> 5, 185–193 (2021).</li> <li>• Wilkinson, M. D. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. <i>Sci. Data</i> 3, 160018 (2016).</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 47614	<b>Green AI - AI for sustainability and sustainability of AI</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: GREENAI (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	René Raab Eva Dorschky Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	<b>Module coordinator</b>	Eva Dorschky Prof. Dr. Björn Eskofier
5	<b>Contents</b>	<p>Can we use AI to combat global climate change? How can advances in machine learning and data science help to monitor climate crises and to conserve nature? What is the role of AI in reducing greenhouse gas emissions in the manufacturing industries, transportation infrastructure, agriculture, and power sector?</p> <p>In this seminar, we will develop and discuss future perspectives of AI for sustainability, considering the sustainability of AI itself. Current advances in machine learning, particularly deep learning, are enabling new applications but are accompanied by an exponential increase in computational cost and thus significant carbon emissions (Schwartz et al., 2020; Vinuesa et al., 2020). In this seminar, we will learn about important aspects of improving the sustainability of machine learning algorithms.</p> <p>This seminar offers a different perspective on machine learning as taught in other courses, namely its role in global climate change. This aspect is becoming increasingly important in research, but also in industry. Therefore, this seminar provides the following items:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to "Green AI" versus "Red AI"</li> <li>• Guests talks on related research topics</li> <li>• Group discussions on future prospects of AI, specifically machine learning</li> <li>• Best practices for literature review and scientific presentations</li> <li>• Literature review on Green AI in certain areas in groups</li> <li>• Scientific talk of each student on one specific topic</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will analyze</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the opportunities that AI offers to combat global climate change</li> <li>• the negative impact of AI on global climate change</li> <li>• current research topics in the field of "Green AI"</li> </ul> <p>Students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• discuss and work in a group</li> <li>• perform and write a literature review</li> <li>• give a scientific presentation</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Basic knowledge in machine learning is required to take part in the seminar. Students are expected to have completed one or more basic courses, such as PR, PA, IntroPR, DL, MTLs, or equivalent.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211

10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	Schwartz, Roy et al. (2020). "Green ai. In: Communications of the ACM 63.12, pp. 54 63.  Vinuesa, Ricardo et al. (2020). "The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. In: Nature communications 11.1, pp. 110.

1	<b>Module name</b> 635405	<b>Seminar Wissensrepräsentation und -verarbeitung</b> Knowledge representation and -processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Wissensrepräsentation und -verarbeitung (2 SWS)	-
3	Lecturers	Dr.-Ing. Dennis Müller	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Kohlhase PD Dr. Florian Rabe
5	<b>Contents</b>	Dieses Seminar behandelt ausgewählte Themen aus dem Gebiet der Wissensrepräsentation und -Verarbeitung, mit einem Fokus auf mathematisches Wissen. Die Vortragsthemen sind sehr unterschiedlich im Schwierigkeitsgrad, sie reichen von Einführungsthemen für ambitionierte Bachelor-Studenten bis zur Forschungsfront für Doktoranden. Sie spiegeln recht gut die Forschungsinteressen der KWARC Gruppe wieder. Daher ist dieses Seminar sehr gut geeignet um in die Arbeitsgruppe einzusteigen (z.B. für eine Promotion).
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Aktuelle Fachliteratur verstehen, Forschungsthemen für ein Fachpublikum verständlich aufbereiten und vortragen, Kommunikation mit Experten. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate aus einem vertieften Bereich der Wissensrepräsentation und -Verarbeitung wieder. Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende algorithmische und deduktive Verfahren. Sie tragen durch Literaturstudium erworbenes Wissen vor und erläutern es einem kleinem Fachpublikum aus Mitstudierenden. Anwenden Die Studierenden erläutern Anwendungen theoretischer Methoden in konkreten informatischen Kontexten. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement



11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	Wird in der Veranstaltung im persönlichen Betreuungsgespräch zwischen Lehrenden und Studierenden gemeinsam für den Seminarvortrag ausgewählt.

1	<b>Module name</b> 47656	<b>Legged Locomotion of Robots (LLR)</b> Legged locomotion of robots (LLR)	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Legged Locomotion of Robots (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Anne Koelewijn	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Anne Koelewijn	
5	<b>Contents</b>	<p>Legged robotics help researchers understand human and animal locomotion. Furthermore, legged robots have many different applications, for example to aid in dangerous environments and in rehabilitation. Active prosthetics and exoskeletons improve gait of people with a disability, like a spinal cord injury or an amputation. The goal of this seminar is to become familiar with different algorithms and analysis methods that are used for legged robotics. Important concepts here are the energetics and the stability. Robots should be energy efficient, in the case of an exoskeleton to not lose battery power for a day. Obviously, stability is important to avoid falls. Each student will perform a literature review of a specific concept related to robot locomotion. The concepts can be chosen from a list, or the student can propose their own topic. Students can choose to perform an extra assignment to receive an additional 2.5 ECTS. The assignment will require the student to implement the chosen concept in simulation or in practice.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarize with different concepts that are used in control and analysis of robot locomotion</li> <li>• Understand the theoretical background of concepts of robot locomotion</li> <li>• Differentiate between different types of robots</li> <li>• Understand the stability and energetics in robot locomotion</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 358246	<b>Machine Learning [5 ECTS]</b> Machine learning [5 ECTS]	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Philippsen
5	<b>Contents</b>	<p>Dieses Seminar führt in das Themengebiet des tiefen Lernens ein. Tiefes Lernen ist eine der gefragtesten Fähigkeiten in der künstlichen Intelligenz. Verfahren des tiefen Lernens haben beispielsweise alle bisherigen Benchmarks für die Klassifizierung von Bildern, Text und Sprache weit übertroffen. Tiefes Lernen ermöglicht und verbessert einige der interessantesten Anwendungen der Welt, wie autonome Fahrzeuge, Genomforschung, humanoide Robotik, Echtzeitübersetzung und es besiegt die besten menschlichen Go-Spieler der Welt. Ziel des Seminars ist eine umfassende Einführung in das tiefe Lernen. Basierend auf maschinellem Lernen wird daher erklärt, wie tiefes Lernen funktioniert, wann und warum es wichtig ist und die wesentlichen Verfahren beleuchtet.</p> <p>Zu den Verfahren gehören: (1) Architektur und Hyperparameter; (2) mehrschichtiges Perzeptron; (3) Mischungen neuronaler Netze; (4) tiefes Lernen für Sequenzen (Hidden Markov-Modelle, wiederkehrende neuronale Netze, bidirektionales/Langzeit-Kurzzeitgedächtnis, Gated Recurrent Unit, Temporal Convolutional Network); (5) tiefes Lernen für Bilder (Faltungs-Neuronale Netze); (6) tiefes/verstärkendes Lernen; (7) Markov-Prozesse (Gaußsche Prozesse und Bayes'sche Optimierung, grafische Modelle und Bayes'sche Netze, Kalman- und Partikelfilter); (8) Online-Lernen und Spieltheorie; (9) unüberwachtes Repräsentationslernen und generative Methoden (allgemeine gegnerische Netzwerke, Variational Autoencoder); (10) Datenerweiterung und Transferlernen. Die genannten Themen sind an den aktuellen Forschungsstand angepasst und wechseln sich jährlich ab.</p> <p>Das Seminar gibt einen Einblick in die Welt des tiefen Lernens und befähigt den Studierenden eine wissenschaftliche Präsentation und Ausarbeitung anzufertigen, um individuell erworbenes Wissen einem Fachpublikum vermitteln zu können.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Teilnahme an diesem Seminar ermöglicht den Studierenden sich in der Kompetenz tiefes Lernen auszubilden und erlerntes Wissen in Form einer angeleiteten Präsentation und Ausarbeitung wissenschaftlich darzustellen und zu kommunizieren:</p> <p>Die Studierenden erlangen oder erweitern durch das Seminar die Kompetenz und das Wissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• prinzipielle Vorgehensweisen beim tiefen Lernen zu erläutern,</li> <li>• Vor- und Nachteile einzelner Methoden zu untersuchen,</li> <li>• Chancen und Grenzen des tiefen Lernens zu erläutern,</li> <li>• Sachverhalte unter Fachleuten zu diskutieren,</li> <li>• fachspezifische Fragen für das Gebiet zu beantworten,</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte des tiefen Lernens im Allgemeinen und deren Anwendung in Applikationsgebieten der Industrie, Sozialwesen, Bildung und Sport zu erlernen,</li> <li>• Datenvorverarbeitung, DL-Methoden und Interpretation der Ergebnisse in konkreten Fragestellungen zu modellieren und zu adaptieren.</li> </ul> <p>Weiter trainiert das Seminar die Studierenden im wissenschaftlichen Arbeiten, um selbstständig:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erforderliche Literatur aufzufinden, zu analysieren und zu bewerten,</li> <li>• sich eigenständig in ein Themengebiet einzuarbeiten,</li> <li>• Grundzüge der Präsentationstechniken anzuwenden und zu motivieren,</li> <li>• eine Präsentation mit Begleitmaterial für ein Fachpublikum zu entwickeln,</li> <li>• einen Vortrag passend für einen vorgegebenen Zeitrahmen durchzuführen,</li> <li>• eine Ausarbeitung im Stil einer wissenschaftlichen Publikation mit Latex anzufertigen,</li> <li>• Sprache, Sprachangemessenheit, Inhalt sowie Aufbau und die wissenschaftliche Darstellung einer wissenschaftlichen Ausarbeitung zu verinnerlichen,</li> <li>• und die eigene Kognition und Kreativität in der Ausarbeitung zu bewerten.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Goodfellow und Y. Bengio und A. C. Courville: Deep Learning, mitp-Verlag, 2015</li> <li>• R. S. Sutton und A. G. Barto: Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, 1998</li> <li>• F. V. Jensen: An Introduction To Bayesian Networks, Springer, 1996</li> <li>• R. Rojas: Theorie der neuronalen Netze - eine systematische Einführung, Springer, 1993</li> <li>• J. Schmidhuber: Deep learning in neural networks: An overview, J. Intl. Neural Network Society (INNS), 2015</li> </ul>

- D. Silver et al.: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search, J. Nature, 2016
- F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017
- A. Müller und S. Guido: Introduction to Machine Learning with Python: A Guide for Data Scientists, O'Reilly UK Ltd., 2016
- T. J. Hastie und R. Tibshirani und J. H. Friedman: The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Series in Statistics, 2009

1	<b>Module name</b> 304439	<b>Nailing your Thesis (VUE 5-ECTS)</b> Nailing your thesis (VUE 5-ECTS)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Übung: Nailing your Thesis (UE) (2 SWS) Vorlesung: Nailing your Thesis (VL) (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Dirk Riehle	
5	<b>Contents</b>	<p>This course teaches students how to perform scientific research for their final thesis or a research paper. The goal is to prepare students for a Bachelor or Master research thesis.</p> <p>The course covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Science and society</li> <li>• The research process</li> <li>• Theory building research</li> <li>• Theory validation research</li> <li>• Writing a research thesis/paper</li> <li>• The scientific community</li> </ul> <p>Students can choose one or both of two components:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VUE (VL + UE or seminar), 4 SWS, 5 ECTS. VUE combines lectures with homework and exercises. VUE is run as a 3h block.</li> <li>• PROJ (small research project), 2 SWS, 5 ECTS. In PROJ, students perform a small research project, either individually or in teams. The available projects will be presented at the beginning of the course. Students perform the research, write a paper, and hold a presentation about their work.</li> </ul> <p>Sign-up and further course information are available at <a href="https://nyt.uni1.de">https://nyt.uni1.de</a> - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible.</p> <p>The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students gain an understanding of how science works</li> <li>• Students learn how to perform research work</li> <li>• Students learn how to write a research thesis</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	



1	<b>Module name</b> 47673	<b>Network medicine</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. David Blumenthal
5	<b>Contents</b>	Network medicine is an emerging research field which leverages techniques from molecular biology, bioinformatics, combinatorial optimization, and artificial intelligence to uncover potential disease mechanisms and candidates for causally effective treatments in heterogeneous molecular networks. In this seminar, students will dive into selected hot topics in network medicine.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students will <ul style="list-style-type: none"> <li>• be able to explain hot topics in the field of network medicine,</li> <li>• be able to identify, understand, and contextualize relevant research literature,</li> <li>• be able to give a presentation for a scientific audience,</li> <li>• be able to write an academic report.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Some prior knowledge in graph theory and/or network science is recommended.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	All relevant literature will be made available in StudOn. For background reading, students can consult the following textbook: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loscalzo, Joseph, Albert-László Barabási, and Edwin K. Silverman (eds.): Network Medicine: Complex Systems in Human Disease and Therapeutics. Harvard University Press, 2017.</li> </ul>



1	<b>Module name</b> 941318	<b>Neuartige Rechnerarchitekturen</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Neuartige Rechnerarchitekturen (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Simon Pfenning Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Philipp Holzinger	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	<b>Contents</b>	<p>Die Entwicklung moderner CPUs hat eine interessante Evolution durchlaufen. Angefangen bei einfachen Single-Core CPUs wurde zunächst die Taktschraube immer weiter nach oben gedreht. Als dies aus thermischen Grund nicht weiter möglich war, wurden Parallelrechner aus ihrer akademischen Nische vertrieben und zum Allgemeingut eines jeden Informatikers. Neuere Entwicklung zeigen nun den Einsatz von heterogenen Rechnerarchitekturen, also die Verbindung verschiedener Recheneinheiten wie CPUs, GPUs, FPGAs, um mittels Spezialhardware anfallende Aufgaben schneller und energieeffizienter lösen zu können. Neuste Forschungsansätze hingegen versuchen nun auch den Hauptspeicher eines Rechners "intelligent" zu machen und Prozessoren direkt in den Speicher zu integrieren - sogenanntes in- oder near-memory-Computing.</p> <p>Ziel dieses Moduls ist das ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>... kennen,</li> <li>... verstehen,</li> <li>... verwenden,</li> <li>... vergleichen,</li> <li>und evaluieren</li> </ul> <p>verschiedener Rechnerarchitekturen von der Multi-Core CPU bis zum FPGA-Near-Memory-Beschleuniger. Anhand praktischer Anwendungen (z.B. Neuronale Netze, Bildverarbeitung, Autonomes Fahren) können die Architekturen erprobt werden.</p> <p>Hierzu wird jedem Teilnehmenden ein Thema/Architektur zur Bearbeitung übertragen, welche sie/er selbstständig wissenschaftlich in einer schriftlichen Ausarbeitung und didaktisch in einem Vortrag aufarbeitet und präsentiert.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen über die Grundprinzipien moderner Rechnerarchitekturen (Intel, ARM CPUs; AMD, Nvidia GPUs; FPGAs, Beschleunigerkerne) wiedergeben.</p> <p>Verstehen Lernende verstehen die Grundprinzipien der Datenverarbeitung der einzelnen Architekturen; im speziell verstehen sie ob und warum eine vorgegebene Architektur besonders gut für die Lösung eines Problems geeignet ist.</p> <p>Lernende verstehen die unterschiedlichen Ansätze zur Parallelismus der vorgestellten Architekturen.</p>	

		<p>Anwenden Lernende sind in der Lage Anwendungen auf den vorgegebenen Architekturen z.B. durch Programmierung umzusetzen. Hierzu erklären Studierende wie die Parallelisierungstechniken in bestehenden Architekturen eingesetzt werden.</p> <p>Evaluieren (Beurteilen) Lernende evaluieren die Eignung von Architekturen, bestimmte Probleme effizient auf diese Abbilden zu können.</p> <p>Sozialkompetenz Lernende können komplexe fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht präsentieren und eigene Standpunkte in einer Fachdiskussion argumentativ vertreten.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47643	<b>Seminar Advanced Algorithms in Medical Image Processing</b> Seminar: Advanced algorithms in medical image processing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	<b>Contents</b>	Deep Learning-based algorithms showed great performance in many fields of image processing and pattern recognition and compete with technologies such as compressive sensing and iterative optimization. The basis for the success of these algorithms is the availability of large amounts of data (big data) for training and of high computing power (typically GPUs). In this seminar, we try to explore advanced deep learning methods. In particular, we will aim to develop a deeper understanding of certain topics, for example, graph neural networks, unsupervised learning, differentiable learning, invertible learning, neural ordinary differential equations, transfer learning, multi-task learning, uncertainty DL, etc.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Students will be able to <ul style="list-style-type: none"> <li>• perform their own literature research on a given subject</li> <li>• independently research this subject</li> <li>• present and introduce the subject to their student peers</li> <li>• give a scientific talk in English according to international conference standards</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47642	<b>Seminar Advanced Deep Learning</b> Seminar: Advanced deep learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Advanced Deep Learning (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vincent Christlein Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47599	<b>Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics</b> Seminar: Biosignals in rehabilitation robotics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Biosignals in Rehabilitation Robotics (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Claudio Castellini	
5	<b>Contents</b>	<p>In this module, students will analyse, present and discuss issues and topics concerning the usage of biological signals in rehabilitation and assistive robotics, including the correct placement and use of the associated sensors, the techniques to condition the signals, sensor fusion, feature extraction and the usage of machine learning applied to such kind of signals.</p> <p>Besides reflecting on contemporary literature, the students are asked to draw own conclusions and suggest directions for future research.</p>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	On successful completion of the module, students will be familiar with sensors and signals used in rehabilitation and assistive robotics, both theoretically and practically. They will also be able to deduce potential new research lines from recent developments.	
7	<b>Prerequisites</b>	Recommended: basic maths, especially statistics; fundamentals of signal processing and machine learning.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211 Nebenfach Artificial Intelligence in Biomedical Engineering Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>		
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [2002] Control of Multifunctional Prosthetic Hands by Processing the Electromyographic Signal, M. Zecca, S. Micera, M. C. Carrozza and P. Dario.</li> <li>• [2010] Control of Hand Prostheses Using Peripheral Information, S. Micera, J. Carpaneto and S. Raspopović.</li> <li>• [2015] A survey of sensor fusion methods in wearable robotics, D. Novak and R. Riener</li> </ul>	

1	<b>Module name</b> 95790	<b>Seminar Koalgebraische Logik</b> Seminar: Coalgebraic logic	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic categorical notions</li> <li>• Coalgebraic logic via predicate liftings</li> <li>• Separation and expressivity</li> <li>• Soundness and completeness</li> <li>• Algebraic semantics</li> <li>• Complexity of reasoning</li> <li>• Modular construction of logics</li> <li>• Coalgebraic hybrid logic</li> <li>• Reasoning with global assumptions</li> <li>• Fixpoint logics</li> <li>• Coalgebraic automata theory</li> <li>• Fuzzy coalgebraic logic</li> <li>• Coalgebraic predicate logic</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate zu Koalgebra, Modallogik, und koalgebraischer Logik wieder und ordnen Beispiele korrekt ein. Verstehen Die Studierenden erläutern generische Schlussfolgerungsverfahren und algorithmische Verfahren in der koalgebraischen Logik und instanzieren sie auf konkrete Logiken. Anwenden Die Studierenden übertragen koalgebraische generische Verfahren selbständig auf Beispiele. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlen werden die vorherige Teilnahme an "Grundlagen der Logik in der Informatik" sowie an einer Vertiefungsveranstaltung in der theoretischen Informatik	
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 1;2;3;4	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Die Seminarleistung besteht in einem Vortrag sowie, abhängig von der Vortragslänge, einer schriftlichen Ausarbeitung	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h	

		Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	<p>(The following list is, while not exhaustive, meant mainly as a fairly broad guide to the literature, and not to be understood as a mandatory reading list.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lawrence S. Moss: Coalgebraic Logic. Ann. Pure Appl. Logic 96(1-3): 277-317 (1999)</li> <li>• Dirk Pattinson: Expressive Logics for Coalgebras via Terminal Sequence Induction. Notre Dame Journal of Formal Logic 45(1): 19-33 (2004)</li> <li>• Dirk Pattinson: Coalgebraic modal logic: soundness, completeness and decidability of local consequence. Theor. Comput. Sci. 309(1-3): 177-193 (2003)</li> <li>• Lutz Schröder: A finite model construction for coalgebraic modal logic. J. Log. Algebr. Program. 73(1-2): 97-110 (2007)</li> <li>• Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Shallow Models for Non-iterative Modal Logics. KI 2008: 324-331</li> <li>• Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Beyond Rank 1: Algebraic Semantics and Finite Models for Coalgebraic Logics. FoSSaCS 2008: 66-80</li> <li>• Lutz Schröder: Expressivity of coalgebraic modal logic: The limits and beyond. Theor. Comput. Sci. 390(2-3): 230-247 (2008)</li> <li>• Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Strong Completeness of Coalgebraic Modal Logics. STACS 2009: 673-684</li> <li>• Robert S. R. Myers, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Coalgebraic Hybrid Logic. FOSSACS 2009: 137-151</li> <li>• Lutz Schröder, Dirk Pattinson, Clemens Kupke: Nominals for Everyone. IJCAI 2009: 917-922</li> <li>• Lutz Schröder, Yde Venema: Flat Coalgebraic Fixed Point Logics. CONCUR 2010: 524-538</li> <li>• Lutz Schröder, Dirk Pattinson: Description Logics and Fuzzy Probability. IJCAI 2011: 1075-1081</li> <li>• Tadeusz Litak, Dirk Pattinson, Katsuhiko Sano, Lutz Schröder: Coalgebraic Predicate Logic. ICALP (2) 2012: 299-311</li> <li>• Daniel Gorín, Lutz Schröder: Subsumption Checking in Conjunctive Coalgebraic Fixpoint Logics. Advances in Modal Logic 2014: 254-273</li> <li>• Daniel Gorín, Dirk Pattinson, Lutz Schröder, Florian Widmann, Thorsten Wißmann: COOL - A Generic Reasoner for Coalgebraic Hybrid Logics (System Description). IJCAR 2014: 396-402</li> </ul>

- Corina Cîrstea, Clemens Kupke, Dirk Pattinson: EXPTIME Tableaux for the Coalgebraic  $\mu$ -Calculus. Logical Methods in Computer Science 7(3) (2011)
- Yde Venema: Automata and fixed point logic: A coalgebraic perspective. Inf. Comput. 204(4): 637-678 (2006)
- Clemens Kupke, Yde Venema: Coalgebraic Automata Theory: Basic Results. Logical Methods in Computer Science 4(4) (2008)
- Stefan Milius, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Generic Trace Semantics and Graded Monads. CALCO 2015: 253-269
- Clemens Kupke, Dirk Pattinson, Lutz Schröder: Reasoning with Global Assumptions in Arithmetic Modal Logics. FCT 2015: 367-380
- Lutz Schröder, Dirk Pattinson, Tadeusz Litak: A Van Benthem/Rosen theorem for coalgebraic predicate logic. J. Log. Comput. 27(3): 749-773 (2017)
- Daniel Hausmann, Lutz Schröder: Optimal Satisfiability Checking for Arithmetic  $\mu$ -Calculi. FoSSaCS 2019: 277-294
- Daniel Hausmann, Lutz Schröder: Game-Based Local Model Checking for the Coalgebraic  $\mu$ -Calculus. CONCUR 2019: 35:1-35:16



1	<b>Module name</b> 93154	<b>Seminar Computer Vision</b> Seminar: Computer vision	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 514944	<b>Seminar Deep Learning</b> Seminar deep learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	
5	<b>Contents</b>	no content description available!
6	<b>Learning objectives and skills</b>	no learning objectives and skills description available!
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	no Module frequency information available!
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47658	<b>Seminar: Digital Pathology and Deep Learning</b> Seminar: Digital pathology and deep learning	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof.Dr.Ing. Katharina Breininger	
5	<b>Contents</b>	<p>Pathology is the study of diseases and aims to deliver a fine-grained diagnosis to understand processes in the body as well as to enable targeted treatment. In this area, the opportunities for digital image processing are vast: While the need for precision medicine, i.e., taking into account various co-dependencies when formulating the best possible treatment for a patient, is high, the number of pathologists is not increasing accordingly. Deep learning-based techniques can be used for different objectives in this scope. Examples include screening large microscopy images for specific rare events, providing visual augmentation with analysis data. Additionally, the availability of massive data collections, including genomics and further biological factors, can be utilized to determine specific information about diseases that were previously unavailable.</p> <p>This seminar is offered to students of medicine as well as computer sciences and medical engineering and similar. Students will have to present a topic from this field in a short (30 min) and comprehensive presentation.</p> <p>List of topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Staining and special stains (including immunohistochemistry, enzyme-based dyes and tissue microarrays)</li> <li>• Current computational pathology</li> <li>• Knowledge/Feature fusion into a diagnosis</li> <li>• Histopathology quality control</li> <li>• Data sets as limiting factor - limits of current data sets</li> <li>• Large scale / clinical grade solutions</li> <li>• Computational and augmented tumor grading</li> <li>• In vivo microstructural analysis</li> <li>• Big data in pathology (multi-omics)</li> <li>• Histology image registration</li> <li>• Staining differences and stain normalization</li> <li>• Transfer learning and domain adaptation</li> <li>• Explainable AI</li> <li>• Virtual staining</li> <li>• Digital workflow in Germany vs. the world</li> <li>• Limits of digital pathology</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• perform their own literature research on a given subject</li> <li>• independently research this subject</li> <li>• present and introduce the subject to their student peers</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• give a scientific talk in English according to international conference standards</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Students are required to have initial experience with deep learning and machine learning, e.g., from the module "Deep Learning". This seminar is recommended for Master's students.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement (30 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93113	<b>Seminar Humans in the Loop: The Design of Interactive AI Systems</b> Seminar: Humans in the loop: The design of interactive AI systems	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Kainz
5	<b>Contents</b>	<p>This is a joint seminar between Prof. Kainz (FAU Erlangen-Nuremberg) and Prof. Ledig (University of Bamberg). The seminar will take place at Bamberg Campus and FAU Campus.</p> <p>Initial topic selection and pitch presentation will take place in Bamberg. Final topic presentations will take place in Erlangen.</p> <p>Human-in-the-Loop Machine Learning describes processes in which humans and Machine Learning algorithms interact to solve one or more of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Making Machine Learning more accurate</li> <li>Getting Machine Learning to the desired accuracy faster</li> <li>Making humans more accurate</li> <li>Making humans more efficient</li> </ul> <p>Aim of this seminar is to give students insights about state-of-the-art Active Learning and interactive data analysis methods. Students will work independently on specific topics including implementation and analytical components alongside lectures delivered by the course lead, guest lectures and flipped classroom sessions, where students explore a topic independently, which is then discussed in class. Several potential topics will be provided but students are also encouraged to propose their own topics (after discussion with course lead).</p> <p>Topics covered will include but are not limited to:</p> <p>Introduction to Human-in-the-Loop Machine Learning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Active Learning Strategies:</li> <li>• Uncertainty Sampling</li> <li>• Diversity Sampling</li> <li>• Other Strategies</li> </ul> <p>Annotating Data for Machine Learning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Who are the right people to annotate your data?</li> <li>• Quality control for data annotation</li> <li>• User interfaces for data annotation</li> </ul> <p>Transfer Learning and Pre-Trained Models</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• What are Embeddings?</li> <li>• What is Transfer Learning?</li> </ul> <p>Adaptive Learning</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machine-Learning for aiding human annotation</li> <li>• Advanced Human-in-the-Loop Machine Learning</li> </ul> <p><b>Format</b></p>

		<p>The presentations for this seminar will be conducted as block seminar. Dates TBD.</p> <p>We will meet in the beginning of the semester to discuss possible work areas and assign concrete topics to each participant. You will be provided pointers to literature and then independently familiarize yourself with the assigned topic. Towards the end of the semester you will:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• present an initial 3-minute pitch about your topic early during the term after topic selection</li> <li>• present your topic as a 20-minute presentation at the end of the term</li> <li>• submit a written report of approximately 8-10 pages.</li> <li>• The seminar will be held in English including presentations and the written report.</li> </ul> <p>The presentations will be conducted as a block seminar towards the end of the semester. The weekly hours mentioned in the module description are an optional time slot to get support, guidance and feedback on your topic (as required).</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>You will learn about the potential as well as current challenges when building and translating AI systems into real world applications. The focus of the seminar will be biased towards approaches based on computer vision algorithms and medical image processing. Specifically, you will learn about the state of the art in the context of selected applications. You will also get the opportunity to learn about negative examples of AI systems that failed to deliver on promises, regulatory constraints, patient privacy and data management. The seminar will allow you, based on your interest, to focus on a wide spectrum of aspects ranging from recently published technical solutions to the state of affairs on the policy level.</p> <p>Learning objectives are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In-depth knowledge of human-in-the-loop machine learning, including deeper insight into current research.</li> <li>• A capability to work independently on application-driven projects.</li> <li>• To use a holistic view to critically, independently and creatively identify, formulate and deal with complex issues.</li> <li>• To follow a scientific approach, formulating hypotheses, validation through experimentation and statistical analysis.</li> <li>• To plan and use adequate methods to conduct qualified tasks in given frameworks and to evaluate this work.</li> <li>• To create, analyse and critically evaluate different technical/ architectural solutions.</li> <li>• To integrate knowledge critically and systematically.</li> <li>• To clearly present and discuss the conclusions as well as the knowledge and arguments that</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• form the basis for these findings in written and spoken English.</li> <li>• A consciousness of the ethical aspects of research and development work.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Prerequisites recommended: Deep Learning ML Prof. Dr. Andreas Maier 2+2 5 x E Pattern Recognition ML Prof. Dr. Andreas Maier 3+1+2 5 x E Maschinelles Lernen für Zeitreihen ML Prof. Eskofier, Prof. Oliver Amft, Dr. Ch. Mutschler 2+2+2 7.5 x E
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 15 h Independent study: 135 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<p>A specific reading list will be established at the beginning of each term, general literature is listed below:</p> <p>Quinn J, McEachen J, Fullan M, Gardner M, Drummy M. Dive into deep learning: Tools for engagement. Corwin Press; 2019 Jul 15. <a href="https://d2l.ai/">https://d2l.ai/</a></p> <p>Goodfellow I, Bengio Y, Courville A, Bengio Y. Deep learning. Cambridge: MIT press; 2016 Nov 18. <a href="https://www.deeplearningbook.org/">https://www.deeplearningbook.org/</a></p> <p>Budd S, Robinson EC, Kainz B. A survey on active learning and human-in-the-loop deep learning for medical image analysis. arXiv preprint arXiv:1910.02923. 2019 Oct 7. <a href="https://arxiv.org/abs/1910.02923">https://arxiv.org/abs/1910.02923</a></p>

1	<b>Module name</b> 43388	<b>Seminar Inverse Rendering</b> Seminar: Inverse rendering	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Inverse Rendering (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Marc Stamminger Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Tim Weyrich	
5	<b>Contents</b>	<p>This seminar covers advanced topics in computer graphics and computer vision and includes both ground-breaking and recent research publications. Topics include inverse rendering, appearance, surface reflectance, and computer graphics in general.</p> <p>The seminar offers the participants the chance to get an overview of many topics in computer graphics and at the same time to delve into a topic of their own choice. During the semester, participants are free to gain practical experience, e.g. by reimplementing, testing published code, or searching for similar or related implementations. This is not mandatory, but it is highly recommended to get a feel for whether the topic is interesting for future theses or career paths.</p> <p><b>*Assessment*:</b> Each seminar participant selects one of the publications presented in the first session and presents its content in a 30-minute talk during the semester (plus 10-minute Q&amp;A session). Presentations will begin approximately 3-4 weeks after the start of the semester. The presentation will count for 70% of the final grade. Furthermore, a written paper on the selected publication will be submitted by the last seminar date, which will count for 30% of the grade. The presentation and the written paper can be written in German or English. There is no strict page limit for the written paper, although a length of 5-15 pages is usual. According to the template, the following aspects are to be considered: Introduction/motivation, scientific classification, methodology, results, discussion and summary. The presentations will be grouped thematically. Therefore, the presentation date cannot be freely chosen. In summary, the overall grade is composed of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture (70%)</li> <li>• Written elaboration (30%)</li> </ul> <p>An essential part in the evaluation of the lecture is the subsequent discussion. In order to generate more questions, all participants are encouraged to read all publications prior to each presentation, write a summary, and think of at least one question. The summary and question can be submitted and graded. If 80% of the points are achieved in the course of the semester, the overall grade will be increased by 0.3 or 0.4 grade points. The submission of the summary and question will be in English and is optional.</p> <p><b>*Note:*</b> Attendance is mandatory for this seminar, with a maximum of three absences allowed. Exceptions will be made for medical reasons or other special occurrences, provided they have been agreed upon prior to the appointment.</p>	



6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Present current research problems in computer graphics and computer vision</li> <li>• Literature research</li> <li>• Correct citation</li> <li>• Grasping the content of scientific texts</li> <li>• Improving presentation and argumentation skills</li> <li>• Practicing the writing of scientific texts</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 903776	<b>Seminar Machine Learning and Data Analytics for Industry 4.0</b> Seminar machine learning and data analytics for industry 4.0	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Maschinelles Lernen und Datenanalytik für Industrie 4.0 (2 SWS) Attendance of all meetings is required.	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Björn Eskofier An Nguyen Johannes Roider
5	<b>Contents</b>	<p>Companies in all kinds of industries are producing and collecting rapidly more and more data from various sources. This is enabled by technologies such as the Internet of Things (IoT), Cyber-physical systems (CPS) and cloud computing. Hence, there is an increasing demand in industry and research for students and graduates with machine learning and data analytics skills in the Industry 4.0 context. The goal of this seminar is to give students insights about state-of-the-art machine learning and data analytics methods for industrial and business applications. In this seminar, the Industry 4.0 term will not only be limited to manufacturing processes, but comprise all business functions.</p> <p>Students will mainly work independently on either an implementation-centric or a research-centric topic. The implementation-centric topics will focus primarily on the implementation of algorithms and analytical components (using provided or open source datasets), while the research-centric topics will focus on researching and structuring literature of a specific field of interest. Several topics will be provided, but students are also encouraged to propose their own topics when applying for the seminar.</p> <p>In the regular meetings, students will learn about fundamentals and trends in Industry 4.0 from a machine learning perspective, common machine learning techniques and their implementation, project management of data analytics projects in businesses, as well as best practices for presentations and scientific work. The programme will be complemented by talks from invited experts in the domain. Furthermore, students will present results from literature research and data analytics projects.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students will develop an understanding of the current hot field of machine learning and data analytics in businesses</li> <li>• Students will learn to research and present a topic within the context of machine learning and data analytics in businesses independently</li> <li>• Students will learn to identify opportunities, challenges and limitations of corresponding ML approaches in businesses</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students will develop the skill to identify and understand relevant literature and to present their findings in a structured manner</li> <li>• Students will learn to present implementation and validation results in form of a demonstration and/or report</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prior knowledge of machine learning via courses like Pattern Analysis, Pattern Recognition, Deep Learning, Machine Learning for Time Series, or equivalent is expected. Alternatively, first data science project experience, for example as working student in a company, can be sufficient.</li> <li>• Motivation to explore scientific findings (e.g. via literature research)</li> <li>• Motivation to code and analyze data</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	<p>Seminar achievement (100%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% of grade: Presentation (20 minutes)</li> <li>• 50% of grade: 4 pages IEEE standard paper (excluding references) (+ code submission)</li> </ul>
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lei, Yaguo, Naipeng Li, Liang Guo, Ningbo Li, Tao Yan, and Jing Lin. "Machinery Health Prognostics: A Systematic Review from Data Acquisition to RUL Prediction. Mechanical Systems and Signal Processing 104 (May 2018): 799834. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016">https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016</a>.</li> <li>• Rojas, Eric, Jorge Munoz-Gama, Marcos Sepúlveda, and Daniel Capurro. "Process Mining in Healthcare: A Literature Review. Journal of Biomedical Informatics 61 (June 1, 2016): 22436. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007">https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007</a>.</li> <li>• Wil M. P. van der Aalst. Process Mining: Data Science in Action 2nd edition, Springer 2016. ISBN 978-3-662-49851-4</li> <li>• Wang, Lihui, and Xi Vincent Wang. Cloud-Based Cyber-Physical Systems in Manufacturing. Cham: Springer International Publishing, 2018. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-67693-7">https://doi.org/10.1007/978-3-319-67693-7</a>.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 47619	<b>Seminar Machine Learning in MRI</b> Seminar: Machine learning in MRI	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Machine Learning in MRI (4 SWS) Attendance is compulsory for the mid-term presentations.	5 ECTS
3	Lecturers	Vanya Saksena Prof. Dr. Florian Knoll Marc Vornehm Annika Hofmann	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Florian Knoll	
5	<b>Contents</b>	We will cover recent machine learning developments in the areas of Magnetic Resonance (MR) data acquisition, image generation, image analysis and image interpretation. We will go over papers from leading international journals and conferences. Students can either suggest their own topics/papers or select from a range of papers presented by the lecturers. Each student will then study the assigned papers, discuss them with the lectures and at the end of the semester give a presentation about the key findings.	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	After completing this course, students will be able to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Be able to critically read and understand a scientific paper in the fields of medical imaging and machine learning.</li> <li>• Present a complex topic in their own words to their peers.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement Presentation (20 Minutes + 10 Minutes discussion) Written report (5-7 pages)	
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%) Presentation and discussion 50%, Report 50%	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h	
14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)	
15	<b>Teaching and examination language</b>	english	
16	<b>Bibliography</b>		

1	<b>Module name</b> 588895	<b>Seminar Multi-Core Architecture and Programming</b> Seminar multi-core architecture and programming	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Multi-Core Architecture and Programming (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Muhammad Sabih Frank Hannig Stefan Groth Mark Deutel	

4	<b>Module coordinator</b>	Frank Hannig
5	<b>Contents</b>	<p>Prozessoren mit mehreren Kernen sind heute bereits sehr weit verbreitet. Vertreter solcher Architekturen sind beispielsweise moderne Grafikprozessoren, die aus bis zu 4608 so genannter Stream Processors und 576 Tensor-Recheneinheiten bestehen können. Mehrkernprozessoren besitzen eine sehr hohe theoretische Rechenleistung und eröffnen dadurch faszinierende neue Möglichkeiten in naturwissenschaftlichen und anderen berechnungsintensiven Bereichen, wie etwa Multimediaanwendungen, Medizintechnik oder Finanzwirtschaft. Damit die Leistungsfähigkeit voll ausgeschöpft werden kann, muss jedoch eine effiziente Abbildung von Algorithmen auf die Architektur des jeweiligen Mehrkernprozessors gefunden werden. Gegenüber traditionellen Einkernprozessoren ist dabei oftmals ein radikales Umdenken bei der Programmierung erforderlich. Ziel des Seminars ist es, Einblicke in modernste Mehrkernarchitekturen, z.B. KI-Beschleuniger, und deren Programmierparadigmen zu vermitteln. Um praktische Entwicklungserfahrung zu sammeln, werden u.A. NVIDIA TITAN RTX, Intel Neural Compute Sticks und Tegra AGX Systeme angeboten. Für die Projektarbeit im Team stehen neueste Softwareentwicklungswerkzeuge (TensorRT, OpenVINO, C++ 20, SYCL, CUDA, OpenCL, OpenMP + MPI) zur Verfügung.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstehen: Die Studierenden tragen grundlegende Inhalte auf dem Gebiet modernster Multi-/Many-Core Architectures und deren Programmierung vor.</li> <li>• Analysieren: Die Studierenden erproben Programmierparadigmen für Mehrkernarchitekturen.</li> <li>• Erschaffen: Die Studierenden planen, entwickeln und evaluieren eigenständig parallele Anwendungen.</li> </ul> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden arbeiten sich selbstständig in ein bis zwei wissenschaftliche Veröffentlichungen ein und suchen hierbei selbstständig nach verwandten Arbeiten, um den Kontext der Veröffentlichung zu verstehen und aufzubereiten.</li> </ul> <p>Selbstkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können eigene Stärken und Schwächen, sowohl im Bereich ihrer Präsentationstechniken als auch der Team-Arbeit, reflektieren und die eigene Entwicklung planen.</li> </ul> <p>Sozialkompetenz</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden beteiligen sich aktiv an den Vorträgen der jeweils anderen Studierenden durch fachbezogene Fragen zum Thema wie auch Rückmeldung zu Vortragsstil.</li> <li>• Die Studierenden arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich, außerdem können sie das eigene Kooperationsverhalten in Gruppen kritisch reflektieren und erweitern.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german or english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 93202	<b>Seminar Neuroscience-inspired Artificial Intelligence</b> Seminar: Neuroscience-inspired artificial intelligence	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Neuroscience-inspired Artificial Intelligence ( SWS)	-
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. rer. nat. Patrick Krauß Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Dr. rer. nat. Achim Schilling Fabian Wagner
5	<b>Contents</b>	Neuroscience has played a key role in the history of artificial intelligence (AI), and has been an inspiration for building human-like AI, i.e. to design AI systems that emulate human intelligence. Furthermore, transferring design and processing principles from biology to computer science promises novel solutions for contemporary challenges in the field of machine learning. This research direction is called neuroscience-inspired artificial intelligence. In addition, neuroscience provides a vast number of methods to decipher the representational and computational principles of biological neural networks, which can in turn be used to understand artificial neural networks and help to solve the so-called black box problem. This endeavor is called neuroscience 2.0 or machine behavior. Finally, the idea of combining artificial intelligence, in particular deep learning, and computational modelling with neuroscience and cognitive science has recently gained popularity, leading to a new research paradigm for which the term cognitive computational neuroscience has been coined. There is increasing evidence that, even though artificial neural networks lack biological plausibility, they are nevertheless well suited for modelling brain function.
6	<b>Learning objectives and skills</b>	By completing the seminar, students:  - can explain the concept of neuroscience-inspired artificial intelligence - can understand cutting edge research at the intersection of AI and neuroscience.
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	semester: 3
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)

14	<b>Module duration</b>	?? semester (no information for Module duration available)
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	



1	<b>Module name</b> 96970	<b>Seminar Visual Computing</b> Seminar: Visual computing	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Prof. Dr. Tim Weyrich
5	<b>Contents</b>	<p>This seminar covers advanced topics in visual computing, including both seminal research papers, as well as the latest research results. The seminar provides an opportunity to obtain a comprehensive overview of research questions in visual computing, as well as allows students to dive deeper into a chosen topic. Each student presents one scientific publication and explains its content to fellow students taking the course. Thereby, students practice their argumentation and presentation skills. For each paper, a supervisor is provided, who answers questions and gives pointers on the presentation slide design. The seminar is concluded with a short written report. The main topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• human performance capture (faces, eyes, speech),</li> <li>• animation (motion controllers, speech synthesis, shape modelling)</li> <li>• fabrication (caustic design, robot design),</li> <li>• appearance modelling (subsurface scattering),</li> <li>• Monte Carlo rendering (importance sampling, participating media),</li> <li>• differentiable rendering (neural rendering, inverse rendering),</li> <li>• denoising (non-local means and deep learning),</li> <li>• physics simulation (fluid simulation)</li> </ul> <p>The seminar contains the paper presentations by the students and introductory lectures on scientific dissemination.</p> <p><b>Grading</b></p> <p>Each student presents a paper, which is selected from a set of papers in the first session. The presentation duration is 30 minutes with an additional 10 minutes for questions. Presentations begin approximately 3-4 weeks after the start of the semester. The presentation contributes to 70% of the final grade. A written report with a duration of 5-10 pages constitutes the remaining 30%, for which a LaTeX template is provided. The presentation time slots are grouped by topic and cannot be chosen. An important aspect of the grading is the subsequent discussion. To spur discussions, students are encouraged to write a brief abstract about each paper, which can be uploaded on StudOn before the presentation. The voluntary abstracts are graded and if more than 80% of the available points are reached the final grade is improved by 0.3 or 0.4 grade points, respectively.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students learn to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• present current research topics in visual computing</li> <li>• perform a thorough literature review</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• cite scientific literature correctly</li> <li>• comprehend scientific texts</li> <li>• improve their presentation and argumentation skills</li> <li>• practice scientific writing</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 819238	<b>Themen der Kategorientheorie</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No teaching units are offered for the module in the current semester. For further information on teaching units please contact the module managers.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Stefan Milius	
5	<b>Contents</b>	<p>Verschiedene Themen der Kategorientheorie werden in Form eines "Reading Course" von den Teilnehmern erarbeitet und vorgetragen. Die Themenauswahl kann dabei flexibel auf die Interessen der Teilnehmer zugeschnitten werden. Mögliche, teilweise an "Algebra des Programmierens" unmittelbar anschließende, Themen sind z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• freie Konstruktionen, universelle Pfeile und adjungierte Funktoren</li> <li>• Äquivalenzfunktoren</li> <li>• Monaden: Eilenberg-Moore und Kleisli-Kategorien; Freie Monaden; Becks Satz</li> <li>• Kartesisch abgeschlossenene Kategorien</li> <li>• Vollständige Halbordnungen (cpos), Einbettungen/ Projektionen, Limes-Kolimes-Koinzidenz, Lösung rekursive Domaingleichungen</li> <li>• Kan Erweiterungen</li> <li>• (symmetrische) monoidale Kategorien</li> <li>• Faktorisierungsstrukturen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Fachkompetenz</b> Wissen Die Studierenden geben Definitionen und Ergebnisse aus der Kategorientheorie und ihren Anwendungen in der Informatik wieder. Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende Methoden und Beweise der Kategorientheorie. Anwenden Die Studierenden wenden die Konzepte und Beweismethoden an, um einfache Problemstellungen kategoriell zu beschreiben und entsprechende Aussagen zu beweisen. Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt von Fachbüchern und wissenschaftlichen Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder. Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.</p>	
7	<b>Prerequisites</b>	Grundkenntnisse der Kategorientheorie.	

8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	Unregelmäßig
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Mac Lane: Categories for the Working Mathematician, 2nd edition, Springer-Verlag, 1998.</li> <li>• J. Adamek, H. Herrlich and G.E. Strecker: Abstract and Concrete Categories: The Joy of Cats, 2nd edition, Dover Publications, 2009.</li> <li>• S. Awodey: Category Theory, 2nd edition, Oxford University Press, 2011.</li> <li>• E. Riehl: Category Theory in Context, Dover Publications, 2016.</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 863761	<b>Seminar Theoretische Informatik</b> Theoretical computer science (seminar)	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Theoretische Informatik (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Lutz Schröder	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theory of concurrency</li> <li>• Programming semantics</li> <li>• Categories in computer science</li> <li>• Logic in computer science</li> <li>• Theory of artificial intelligence</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen und Resultate aus einem vertieften Bereich der Theoretischen Informatik wieder.</p> <p>Verstehen Die Studierenden erläutern grundlegende algorithmische und deduktive Verfahren.</p> <p>Anwenden Die Studierenden erläutern Anwendungen theoretischer Methoden in konkreten informatischen Kontexten.</p> <p>Erschaffen Die Studierenden bereiten Resultate des Gebiets und ihre Herleitung eigenständig zur Präsentation auf.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten sich selbständig den Inhalt wissenschaftlicher Veröffentlichungen und geben diesen in einem strukturierten Vortrag verständlich wieder.</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in einer größeren Gruppe an komplexen Problemen und erläutern eigene Einsichten den Mitstudierenden in verständlicher Form.</p>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 47612	<b>Tracking Olympiad</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Tracking Olympiad (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Kist René Groh	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Andreas Kist
5	<b>Contents</b>	<p>Computer vision is one of the major tasks and applications of artificial intelligence (AI). Gaining hands-on experience is therefore of great importance for future AI developers. In the Tracking Olympiad, students utilize latest object detection and tracking algorithms to track a freely, randomly moving object ("HexBug) in a given arena. The students will be provided with a set of videos that contain the ground-truth positional information and implement an own tracking technique.</p> <p>At the beginning of the seminar, all students are divided into teams which compete with each other to find the best strategy for tracking the HexBug. The teams tracking prediction needs to be an algorithm that incorporates each students tracking algorithm. The teams score will be evaluated by applying the teams tracking algorithm to previously unseen/withheld videos. Further, the team acquires and annotates own data to improve their tracking algorithms. Each team selects videos that are tested by the other teams algorithm and are subsequently ranked similar to a soccer league table. The aim of this seminar is to enable each student developing an own AI-powered tracking algorithm that is an integral part of a team solution.</p> <p>The Tracking Olympiad consists of two sessions in a given week, one with a journal club explaining AI tracking concepts by students and one for open Q&amp;A depending on the individual students progress with voluntary developmental time.</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• will be able to create own code</li> <li>• are able to create acquire and annotate own data</li> <li>• can document their code</li> <li>• will strengthen their team skills</li> <li>• can develop tracking algorithms</li> <li>• will learn about latest AI methods</li> <li>• can present complex topics</li> <li>• can extract relevant information from journal papers</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Hauptseminar Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Seminar achievement
11	<b>Grading procedure</b>	Seminar achievement (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	english
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Burger and Burge, Principles of Digital Image Processing (all volumes)</li> <li>• Howes and Minichino, Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3</li> <li>• Sebastian Raschka, Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2</li> <li>• Aurélien Géron, Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow</li> <li>• Pereira et al., Quantifying behaviour to understand the brain, Nat Neurosci 2020</li> </ul>

# Minor subject: French studies



1	<b>Module name</b> 72213	<b>Basismodul Französische Sprachpraxis 1</b> Basic module: French language practice 1	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Corina Petersilka	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Wiederholung und Vertiefung der französischen Grammatik (groupe nominal)</li> <li>• Erarbeitung eines grundlegenden, an landeskundlichen Themen orientierten Grund- und Aufbauwortschatzes unter Berücksichtigung morphologischer und semantische</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• üben den Umgang mit authentischen Dokumenten mit kulturwissenschaftlicher Relevanz,</li> <li>• erarbeiten die wichtigsten Strukturen der Nominalphrase im modernen Französisch,</li> <li>• erwerben kontextgebundenen, für landeskundliche Themen relevanten Wortschatz,</li> <li>• entwickeln Techniken und Methoden des Wortschatzerwerbs zur Aneignung autonomer Lernstrategien,</li> <li>• erlernen das aktive Beherrschen von Sprechsituationen (dialogisches und monologisches Sprechen),</li> <li>• üben Kurzvorträge und Diskussionen zu landeskundlich relevanten Themen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlen werden Französischkenntnisse auf dem Niveau von drei aufsteigenden Schuljahren oder GER: B1. Über das Niveau der tatsächlichen vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (120 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 90 h Independent study: 210 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klein, Hans-Wilhelm; Kleineidam, Hartmut: Grammatik des heutigen Französisch. Stuttgart: Klett, 1994.</li> <li>• Fischer, Wolfgang; Le Plouhinec, Anne-Marie: Thematischer Grund- und Aufbauwortschatz Französisch. Stuttgart: Klett, 2009.</li> </ul>	

• Piquet, Claire

1	<b>Module name</b> 72224	<b>Basismodul Französische Sprachpraxis 2</b> Basic module: French language practice 2	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module! Anwesenheitspflicht in Parcours III und Phonétique pratique	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Dr. Corina Petersilka	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Wiederholung und Vertiefung der französischen Grammatik (groupe verbal)</li> <li>• Ausspracheschulung zur Lautung und Intonation mit praktischen Übungen im Sprachlabor</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die wichtigsten Strukturen der Verbalphrase im modernen Französisch an,</li> <li>• erkennen und analysieren typische Fehlerquellen,</li> <li>• trainieren eine möglichst akzentfreie Aussprache des Französischen (Phonetik).</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen ist der erfolgreiche Abschluss des Basismoduls französische Sprachpraxis 1	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211 - BA Frankoromanistik (Erstfach/Zweifach): 1 von 4 Basismodulen - LaG/LaR Französisch: 1 von 5 Basismodulen	
10	<b>Method of examination</b>	Practical examination/test (90 minutes) Written examination (90 minutes) Practical examination/test (15 minutes) - Grammatikklausur 90' - Aussprachetest ca. 15' Wiederholbarkeit: zweimal	
11	<b>Grading procedure</b>	Practical examination/test (40%) Written examination (40%) Practical examination/test (20%) - Grammatikklausur/mündl. Prüfung 100 % der Modulnote - Aussprachetest/mündl. Prüfung 0 % der Modulnote	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german french	

16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fischer, Wolfgang; Le Plouhinec, Anne-Marie: Thematischer Grund- und Aufbauwortschatz Französisch. Stuttgart: Klett, 2009.</li><li>• Klein, Hans-Wilhelm &amp; Kleineidam, Hartmut. Grammatik des heutigen Französisch. Stuttgart: Klett, 1994.</li><li>• Bescherelle: L'Art de conjuguer. Diesterweg 2000.</li><li>• Léon, Monique; Léon, Pierre: La prononciation du français B1/ B2, Didier 2017.</li></ul>
----	---------------------	--

1	<b>Module name</b> 72204	<b>Basismodul Einführung in die Französische Sprachwissenschaft</b> Basic module: Introduction to French linguistics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Silke Jansen	
5	<b>Contents</b>	Vermittlung frankoromanistischen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellung der romanischen Sprachen in der Welt;</li> <li>• Klärung grundlegender sprachwissenschaftlicher Begriffe;</li> <li>• Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle;</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft jeweils unter Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung;</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Frankoromanistik,</li> <li>• sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte der studierten Sprache mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren,</li> <li>• kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen,</li> <li>• haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte,</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen: Französischkenntnisse im Umfang von mindestens drei Schuljahren oder Kenntnisse entsprechend Niveau GER B1	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	every semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Stein, Achim (32010): Einführung in die französische Sprachwissenschaft. (Sammlung Metzler 307). Stuttgart: Metzler.	

Geckeler, Horst/Dietrich, Wolf (42007): Einführung in die französische Sprachwissenschaft. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Berlin: Erich Schmidt.

Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung

1	<b>Module name</b> 72203	<b>Basismodul Einführung in die Französische Literaturwissenschaft</b> Introduction to French literary studies	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Einführungskurs: Basisseminar französische Literaturwissenschaft A (2 SWS)	5 ECTS
		Einführungskurs: Basisseminar französische Literaturwissenschaft B (2 SWS)	5 ECTS
		Tutorium: Tutorium zu Basisseminar französische Literaturwissenschaft A + B (Tanja Korsistka) ( SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Annette Keilhauer	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sabine Friedrich	
5	<b>Contents</b>	Vermittlung frankoromanistischen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe;</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft;</li> <li>• Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte;</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Frankoromanistik,</li> <li>• sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte der studierten Sprache mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren,</li> <li>• kennen grundlegende literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen,</li> <li>• können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren,</li> <li>• haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte,</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen: Französischkenntnisse im Umfang von mindestens drei Schuljahren oder Kenntnisse entsprechend Niveau GER B1	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Frankoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	

15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Reader mit theoretischen Texten und Primärliteratur



# Minor subject: Hispanic studies

1	<b>Module name</b> 72633	<b>Basismodul Spanische Sprachwissenschaft</b> Basic module: Spanish linguistics	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Silke Jansen	
5	<b>Contents</b>	Vermittlung iberoromanistischen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellung der romanischen Sprachen in der Welt;</li> <li>• Klärung grundlegender sprachwissenschaftlichen Begriffe;</li> <li>• Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle;</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft jeweils unter Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung;</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Iberoromanistik,</li> <li>• sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte des Spanischen mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren,</li> <li>• kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen,</li> <li>• haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte,</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen: spanische Sprachkenntnisse im Umfang von ca. 120 Unterrichtsstunden, Kenntnisse entsprechend Niveau GER A2	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written examination	
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	Kabatek, Johannes/Pusch, Claus, D. (2009): Spanische Sprachwissenschaft. Eine Einführung (bachelor-wissen). Tübingen: Narr Francke Attempto. Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.	

1	<b>Module name</b> 72634	<b>Basismodul Spanische Literaturwissenschaft</b> Basic module: Spanish literature	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Einführungskurs: Basisseminar spanische Literaturwissenschaft (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Jonas Ahmad	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Sabine Friedrich
5	<b>Contents</b>	Vermittlung iberoromanistischen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe;</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft;</li> <li>• Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte;</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der Iberoromanistik,</li> <li>• sind in der Lage, gesprochene und geschriebene Texte des Spanischen mit Hilfe der vermittelten Theorien und Methoden zu analysieren,</li> <li>• kennen grundlegende sprach- und literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen,</li> <li>• können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren,</li> <li>• haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte,</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, wissenschaftliche Positionen auszutauschen und im Gespräch zu verteidigen.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen: spanische Sprachkenntnisse im Umfang von ca. 120 Unterrichtsstunden, Kenntnisse entsprechend Niveau GER A2
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	Ein Reader mit theoretischen Texten und Primärliteratur wird kursbegleitend zur Verfügung gestellt.

1	<b>Module name</b> 72372	<b>Spanische Sprachpraxis 1</b> Spanish language practice 1	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	No courses / lectures available for this module!	
3	Lecturers	No lecturers available since there are no courses / lectures for this module!	

4	<b>Module coordinator</b>	PD Dr. Joachim Christl	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundstrukturen des Spanischen, insbes.: Verbformen des Futurs und Konditionals und ihre Verwendung, Subjuntivo, Festigung des Gebrauchs der Vergangenheitstempora, Passiv, Indirekte Rede</li> <li>• Erweiterung des Wortschatzes anhand landeskundlicher Themen</li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können sich in Standardsituationen des privaten und beruflichen Alltags mündlich und schriftlich verständigen,</li> <li>• können die vier Fertigkeiten Hören, Lesen, Sprechen, Schreiben in angemessener Weise einsetzen,</li> <li>• kennen wichtige Unterschiede in Gepflogenheiten und Verhaltensweisen zwischen der Ausgangs- und Zielkultur und gehen reflektiert mit diesen Unterschieden um,</li> <li>• verstehen die besonderen Merkmale gesprochener Sprache (Intonation, redesteuernde Partikeln, persönliche Anrede u.a.) und ihrer Textsorten (Dialog, Interview, Referat usw.) und wenden diese an; Themen und Situationen des Alltags und aus dem Bereich der Studieninhalte.</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlen werden Sprachkenntnisse entsprechend Niveau GER** A2 bzw. Einführungskurs im Umfang von ca. 120 Std. Über das Niveau der tatsächlich vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Iberoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Regular attendance Written examination (90 minutes)	
11	<b>Grading procedure</b>	Regular attendance (0%) Written examination (100%)	
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester	
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h	
14	<b>Module duration</b>	1 semester	
15	<b>Teaching and examination language</b>	german	
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ü Español intermedio I: Aula 3 International (Verlag Klett/ Difusión)</li> </ul>	

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ü Cultura y comunicación oral: Aufnahmen von Beispielen gesprochener Sprache (verschiedene Textsorten und Sprecher aus unterschiedlichen Ländern des hispanophonen Sprachraums)</li></ul> |
|--|---|

# Minor subject: Italian studies

1	<b>Module name</b> 72292	<b>Basismodul Italienische Sprachpraxis 1</b> Italian language practice 1	<b>10 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Paola Cesaroni-Meinzolt
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundstrukturen des Italienischen, insbesondere Morphologie, Verbformen des Indikativs, Konjunktivs und Konditionals und ihre Verwendung, Aufbau des Wortschatzes im Bereich des Alltags, des eigenen Studiums und der persönlichen Interessen;</li> <li>• Festigung der Grundregeln der italienischen Aussprache;</li> <li>• Auseinandersetzung mit ausgewählten Aspekten der italienischen Gesellschaft im sprachlichen, sozio-politischen und kulturellen Bereich.</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sich in Anlehnung an die Deskriptoren des GER Niveau B1 zu Themen von allgemeinem Interesse bzw. des eigenen Lebens- und Studenumfelds schriftlich und mündlich äußern bzw. austauschen;</li> <li>• die Grundkompetenzen Hörverstehen und Sprechen durch kollaboratives Lernen und unter Verwendung von ersten einfachen Mediationsaufgaben aufbauen;</li> <li>• über sprachliche Phänomene selbstständig und unter Verwendung von induktiven Verfahren reflektieren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Empfohlen werden Sprachkenntnisse entsprechend GER A2. Über das Niveau der tatsächlich vorhandenen Sprachkenntnisse orientiert ein Einstufungstest zu Semesterbeginn.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Italomantik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	<p>Written examination (120 minutes) Abschlussklausur (120 Min.)</p> <p>WiSe 2022/23: <b>alternativ schriftliche Online-Prüfung mit Authentifizierung und Kontrolle (120 Min.)</b></p> <p>Die <b>konkrete Prüfungsform wird spätestens vier Wochen vor der Prüfung verbindlich</b> kommuniziert.</p>
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote

12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german italian
16	<b>Bibliography</b>	Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.



1	<b>Module name</b> 72623	<b>Basismodul Italienische Sprachwissenschaft</b> Italian language studies	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Ludwig Fesenmeier
5	<b>Contents</b>	Vermittlung italoromanistisch-sprachwissenschaftlichen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellung der romanischen Sprachen in der Welt</li> <li>• Klärung grundlegender sprachwissenschaftlicher Begriffe</li> <li>• Erläuterung wichtiger Sprach- und Kommunikationsmodelle</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden verschiedener Teildisziplinen der Sprachwissenschaft unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen historischen Entwicklung</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben einen fundierten Überblick über die sprachsystematischen Beschreibungsebenen (Phonetik/ Phonologie, Morphologie, Syntax, Semantik) im Bereich der italoromanistischen Sprachwissenschaft;</li> <li>• sind in der Lage, italienische gesprochene und geschriebene Texte mit Hilfe der vermittelten sprachwissenschaftlichen Theorien und Methoden zu analysieren;</li> <li>• kennen grundlegende sprachwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen;</li> <li>• verfügen über Basiswissen hinsichtlich der Entwicklung zentraler sprachwissenschaftlicher Konzepte;</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, sich (sprach)wissenschaftliche Positionen zu erschließen und im Gespräch zu explizieren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Dringend empfohlen: Sprachkenntnisse entsprechend GER A2.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Italoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german italian
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blasco Ferrer, Eduardo (1994): Handbuch der italienischen Sprachwissenschaft, Berlin: Schmidt.</li> </ul>

- Sobrero, Alberto A./Miglietta, Annarita (2021): Introduzione alla linguistica italiana. Nuova edizione riveduta e aggiornata, Roma/Bari: Laterza.
- Michel, Andreas (2016): Einführung in die italienische Sprachwissenschaft, Berlin/New York: De Gruyter.
- Gabriel, Christoph/Meisenburg, Trudel (2021): Romanische Sprachwissenschaft, Paderborn: Brill/Fink.

Weitere Literaturhinweise erfolgen im Rahmen der Lehrveranstaltung.

1	<b>Module name</b> 72624	<b>Basismodul Italienische Literaturwissenschaft</b> Italian literary studies	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Basisseminar italienische Literaturwissenschaft (2 SWS)  Tutorium: Tutorium zum Basisseminar italienische Literaturwissenschaft (1 SWS)	5 ECTS  -
3	Lecturers	Dr. Simon Matthias Bürgel	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr. Christian Rivoletti
5	<b>Contents</b>	Vermittlung italoromanistisch-literaturwissenschaftlichen Basiswissens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klärung grundlegender literaturwissenschaftlicher Begriffe</li> <li>• Einführung in Theorien und Methoden der Literaturwissenschaft</li> <li>• Einführung in die Analyse lyrischer, narrativer und dramatischer Texte</li> <li>• Entstehung und Entwicklung der Romanistik</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen der italoromanistischen Literaturwissenschaft;</li> <li>• sind in der Lage, italienische gesprochene und geschriebene Texte mit Hilfe der vermittelten literaturwissenschaftlichen Theorien und Methoden zu analysieren;</li> <li>• kennen grundlegende literaturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen;</li> <li>• können die Struktur literarischer Texte unterschiedlicher Gattungen angemessen erfassen und analysieren;</li> <li>• haben ein Basiswissen über die Entwicklung zentraler literaturwissenschaftlicher Konzepte;</li> <li>• erwerben die Fähigkeit, sich (literatur)wissenschaftliche Positionen zu erschließen und im Gespräch zu explizieren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	dringend empfohlen: Sprachkenntnisse entsprechend GER B1
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Nebenfach Italoromanistik für Informatikstudierende Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (90 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%) Klausurnote = Modulnote
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german italian

Ein Reader mit theoretischen Texten und Primärliteratur wird kursbegleitend zur Verfügung gestellt.

# Quality management and metrology for computer science as a minor subject

1	<b>Module name</b> 607629	<b>Hauptseminar Messtechnik</b> Advanced seminar Manufacturing metrology	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Seminar: Hauptseminar Fertigungsmesstechnik (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<p>*Ablauf des Seminars*</p> <p>[*1. Voranmeldung StudOn*]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Anmeldung zum Hauptseminar erfolgt in der Regel am Anfang des Semsters. Ausnahmen sind möglich.</li> <li>◦ Hierfür wird eine Liste der Seminarthemen mit zugeordnete StudOn-Gruppen bereit gestellt.</li> <li>◦ Die Anmeldung zu einem bestimmten Thema erfolgt durch selbstständige Anmeldung zur zugeordneten StudOn-Gruppe.</li> <li>◦ Kontakt mit dem Betreuer innerhalb der ersten Woche nach anmeldung notwendig.</li> <li>◦ Klärung von Ziel, Auftrag und Kontext.</li> <li>◦ Recherche, Auswahl der Informationen.</li> <li>◦ Grobe Ablaufplanung der Präsentation (Begrüßung und Themenübersicht, Einstieg ins Thema, Transport der Inhalte, Themenbegrenzung), Ausstieg, Fragen und Diskussion).</li> <li>◦ Feine Ablaufplanung: Detaillierung der Inhalte (Sinnvolle Gliederung, Inhaltlichen Fortgang visualisieren, Zum Thema immer wieder zurückkehren, Gedankensprünge vermeiden, Foliensprünge vermeiden, Layout für den roten Faden", Ringschluss zwischen Anfang und Ende schaffen).</li> <li>◦ Erstellten der Präsentation (Vorlage auf StudOn beachten).</li> <li>◦ Terminplan der Präsentationen wird vom Koordinator festgelegt und per E-Mail mitgeteilt (Termine sind in der Regel gegen Ende der Vorlesungszeit). Ausnahmen sind möglich.</li> <li>◦ Termin zur Abgabe der Präsentation: eine Woche vor dem Präsentationstermin.</li> <li>◦ Durchführung der Präsentation (Präsentationsdauer 20 min. + 10 min. Diskussion)</li> <li>◦ Teilnahme an 5 weiteren Vorträgen.</li> <li>◦ Notenbekanntgabe direkt nach der Präsentation.</li> <li>◦ Koordinator schickt den ausgestellten Schein direkt an das Prüfungsamt.</li> <li>◦ Auf Anfrage Feedback vom Betreuer (sofern gewünscht).</li> </ul> </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erlangen grundlegender Kenntnisse in Recherche, Themenaufbereitung und Präsentationstechniken,</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten Schwerpunkte technischer Zusammenhänge bei einem gegebenen Thema,</li> <li>• vertiefen eigenständig einen technischen Schwerpunkt an Hand eines konkreten Beispiels der Fertigungsmesstechnik,</li> <li>• erlernen die Fähigkeit, sich in unbekannte Probleme einzuarbeiten und diese verständlich zu präsentieren,</li> <li>• erlernen die Fähigkeit, als Zuhörer aktiv Fragen zu formulieren und technische Sachverhalte zu diskutieren,</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Variable Die Gesamtmodulnote errechnet sich aus der Vortragsleistung. Im Zuge des Hauptseminars ist ein Thema auszuarbeiten und in einem 20 minütigem Vortrag zu präsentieren. Für das Bestehen des Moduls sind zusätzlich 5 Vorträge anzuhören. Die möglichen Themen werden auf StudOn bereitgestellt. Die Vortragsdauer beträgt 20 Minuten mit anschließender 10 minütiger Diskussion.
11	<b>Grading procedure</b>	Variable (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	

1	<b>Module name</b> 96930	<b>Rechnergestützte Messtechnik</b> Computer-aided metrology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Rechnergestützte Messtechnik (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<p>*Grundlagen:* Grundbegriffe (Größe, Größenwert, Messgröße, Maßeinheit, Messprinzip, Messung, Messkette, Messsignal, Informationsparameter, analoges und digitales Signal) Prinzip eines Messgerätes, direkte und indirekte Messmethode, Kennlinie und Kennlinienarten, analoge und digitale Messmethoden, kontinuierliche und diskontinuierliche Messung, Zeit- und Wertdiskretisierung, Auflösung, Empfindlichkeit, Messbereich Signal, Messsignal, Klassifizierung von Signalen (Informationsparameter) Signalbeschreibung, Fourierreihen und Fouriertransformation Fourieranalyse DFT und FFT (praktische Realisierung) Aliasing und Shannon's-Abtasttheorem Übertragungsverhalten (Antwortfunktionen, Frequenzgang, Übertragungsfunktion) Laplace-Transformation, Digitalisierungskette, Z-Transformation und Wavelet-Transformation</p> <p>*Verarbeitung und Übertragung analoger Signale:* Messverstärker, Operationsverstärker (idealer und realer, Rückkopplung) Kenngrößen von Operationsverstärkern Frequenzabhängige Verstärkung von Operationsverstärkern Operationsverstärkertypen Rückkopplung und Grundsaltungen (Komparator, Invertierender Verstärker, Nichtinvertierender Verstärker, Impedanzwandler, Strom-Spannungswandler, Differenzverstärker, Integrierer, Differenzierer, invertierender Addierer, Subtrahierer, Logarithmierer, e-Funktionsgeneratoren, Instrumentenverstärker) OPV mit differentiellen Ausgang analoge Filter (Tiefpassfilter, Hochpassfilter, Bandpassfilter, Bandsperrfilter, Bodeplot, Phasenschiebung, aktive analoge Filter) Messsignalübertragung (Einheitssignale, Anschlussvarianten) Spannungs-Frequenz-Wandler Galvanische Trennung und optische Übertragung Modulatoren und Demulatoren Multiplexer und Demultiplexer Abtast-Halte-Glied</p> <p>*A/D- und D/A-Umsetzer:* Digitale und analoge Signale Digitalisierungskette A/D-Umsetzer (Nachlauf ADU, Wägeverfahren, Rampen-A/D-Umsetzer, Dual Slope-Verfahren, Charge-Balancing-A/D-Umsetzverfahren, Parallel-A/D-Umsetzer, Kaskaden-A/D-Umsetzverfahren, Pipeline-A/D-Umsetzer, Delta-Sigma-A/D-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer, Einsatzbereiche, Kennwerte, Abweichungen, Signal-Rausch-Verhältnis) Digital-Analog-Umsetzungskette D/A-Umsetzer (Direkt bzw. Parallelumsetzer, Wägeumsetzer, Zählverfahren, Pulsweitenmodulation, Delta-Sigma-Umsetzer / 1-Bit- bis N-Bit-Umsetzer)</p> <p>*Verarbeitung digitaler Signale:* digitale Codes Schaltnetze (Kombinatorische Schaltungslogik) Schaltalgebra und logische Grundverknüpfungen Schaltwerke (Sequentielle Schaltnetze) Speicherglieder (Flip-Flops, Sequentielle Grundsaltungen), Halbleiterspeicher (statische und dynamische, FIFO)</p>	



Anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs)  
 Programmierbare logische Schaltung (PLDs, Programmierbarkeit, Vorteile, Anwendungen, Programmierung) Rechnerarten

\*Bussysteme:\* Bussysteme (Master, Slave, Arbiter, Routing, Repeater) Arbitrierung Topologien (physikalische und logische Topologie, Kennwerte, Punkt-zu-Punkt-Topologie, vermaschtes Netz, Stern-Topologie, Ring-Topologie, Bus-Topologie, Baum-Topologie, Zell-Topologie) Übertragungsmedien (Mehrdrahtleitung, Koaxialkabel, Lichtwellenleiter) ISO-OSI-Referenzmodell Physikalische Schnittstellenstandards (RS-232C, RS-422, RS-485) Feldbussysteme, GPIB (IEC-625-Bus), Messgerätebusse

\*USB Universal Serial Bus:\* Struktur des Busses Verbindung der Geräte, Transceiver, Geschwindigkeitserkennung, Signalkodierung Übertragungsarten (Control-Transfer, Bulk-Transfer, Isochrone-Transfer, Interrupt-Transfer, Datenübertragung mit Paketen) Frames und Mikroframes, Geschwindigkeiten, Geschwindigkeitsumsetzung mit Hub Deskriptoren und Software Layer Entwicklungstools Compliance Test USB 3.0

\*Digitale Filter:\* Analoge Filter Eigenschaften und Charakterisierung von digitalen Filtern Digitale Filter (Implementierung, Topologien, IIR-Filter und FIR-Filter) und Formen Messwert-Dezimirer, digitaler Mittelwertfilter, Gaußfilter Fensterfunktionen, Gibbs-Phänomen Realisierung mit MATLAB Vor- und Nachteile digitaler Filter

\*Messdatenauswertung:\* Absolute, relative, zufällige und systematische Messabweichungen, Umgang mit Messabweichungen, Kalibrierung Korrelationsanalyse Kennlinienabweichungen und Methoden zu deren Ermittlung Regressionsanalyse Kennlinienkorrektur Approximation, Interpolation, Extrapolation Arten der Kennlinienkorrektur Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit, Fehlerfortpflanzungsgesetz (altes Konzept), Messunsicherheit und deren Bestimmung Vorgehensweise zur Ermittlung der Unsicherheit, Monte-Carlo-Methode

\*Schaltungs- und Leiterplattenentwurf:\* Leiterplatten Leiterplattenmaterial Leiterplattenarten Durchkontaktierungen Leiterplattenentwurf und -entflechtung Software Leiterplattenherstellung

\*Contents\*

\*Basics:\* Terms (quantity, quantity value, measurand, measurement unit, principle of measurement, measurement, measuring chain, measurement signal, information parameter, analogue and digital signal) Principle of a measuring instrument, direct and indirect measurement, characteristic curves and characteristic curve types, analogue and digital measuring methods, continuous and discontinuous measurement, time and value discretisation, resolution, sensitivity, measuring interval (range) Signal, measurement signal, classification of signals (information parameter) Signal description, Fourier series and Fourier transformation Fourier analysis DFT and FFT (practical realization) Aliasing and Shannon's sampling theorem Transfer behaviour (response functions, frequency response, transfer function) Laplace transform, digitisation chain, Z-transform and wavelet transform

\*Processing and transmission of analogue signals:\* Measuring amplifiers, operational amplifiers (ideal and real, feedback) Characteristics of operational amplifiers Frequency-dependent gain of operational amplifiers Operational amplifier types Feedback and basic circuits (comparator, inverting amplifier, non-inverting amplifier, impedance converter, current-voltage converter, differential amplifier, integrator, differentiator, inverting adder, subtractor, logarithmic, exponential function generators, instrumentation amplifier) OPV with differential output Analogue filter (low pass filter, high pass filter, band pass filter, band elimination filter, Bodeplot, phase shifting, active analogue filters) Measurement signal transmission (standard signals, connection variants) Voltage-frequency converters Galvanic isolation and optical transmission modulators and demodulators multiplexers and demultiplexers sample-and-hold amplifier

\*A/D and D/A converter:\* Digital and analogue signals Digitisation chain A/D converter (follow-up ADC, weighing method, ramp A/D converter, dual slope method, charge-balancing ADC, parallel ADC, cascade ADC, pipeline A/D converter, the delta-sigma A/D converter / 1-bit to N-bit converter, application, characteristics, deviations, signal-to-noise ratio) Digital-to-analogue conversion chain D/A converter (direct or parallel converters, weighing method, counting method, pulse width modulation, delta-sigma converter / 1-bit to N-bit converter)

\*Digital signal processing:\* Digital codes Switching networks (combinatorial circuit logic) Boolean algebra and basic logic operations Sequential circuit (sequential switching networks) Storage elements (flip-flops, sequential basic circuits), semiconductor memory (static and dynamic, FIFO) Application Specific Integrated Circuits (ASICs) The programmable logic device (PLD, programmability, benefits, applications, programming) computer types

\*Data bus systems:\* Bus systems (master, slave, arbiter, routing, repeater) Arbitration Topologies (physical and logical topology, characteristics, point-to-point topology, mesh network, star topology, ring topology, bus topology, tree topology, cell topology) Transmission media (multi-wire cable, coaxial cable, fibre optic cable) ISO OSI reference model Physical interface standards (RS-232C, RS-422, RS-485) Fieldbus systems, GPIB (IEC-625 bus) , Measuring device buses

\*USB Universal Serial Bus:\* Bus structure Connection of the devices, transceiver, speed detection, signal coding Transfer types (control transfer, bulk transfer, isochronous transfer, interrupt transfer, data transfer with packages) Frames and micro-frames, speeds, speed conversion with hubs Descriptors and software Layer development tools Compliance test USB 3.0

\*Digital filters:\* Analogue filter Properties and characterization of digital filters Digital Filter (implementation, topologies, IIR filters and FIR filters) and forms Measurement value decimator, digital averaging filter, Gaussian filter Window functions, Gibbs phenomenon Realisation with MATLAB Advantages and disadvantages of digital filters

\*Data analysis:\* Absolute, relative, random and systematic errors, handling of measurement errors, calibration Correlation analysis

		<p>Characteristic curve deviations and methods for their determination  Regression analysis Characteristic curve correction Approximation, interpolation, extrapolation  Kinds of characteristic curve correction  Measurement precision, measurement accuracy, measurement trueness, error propagation law (old concept), uncertainty and their estimation  Procedure for determining the uncertainty, Monte Carlo method</p> <p>*Circuit and PCB design:* Printed circuit boards (PCB) PCB material  PCB types Vias PCB design and deconcentration Software PCB production</p>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz  Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können einen Überblick zur rechnergestützten Messtechnik sowie deren Einsatzgebiete wiedergeben.</li> <li>• Die Studierenden können Wissen zur rechnergestützten Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und visualisierung als Grundlage für zielorientierte, effiziente Entwicklung und für kontinuierliche Produkt- und Prozessverbesserung abrufen</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die Studierenden können rechnergestützte Werkzeuge für die Messdatenerfassung, -auswertung, -analyse und -visualisierung auswählen und bewerten.</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	None
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p>

Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5

Lerch, Reinhard: Elektrische Messtechnik. 6. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 ISBN 978-3-642-22608-3

Richter, Werner: Elektrische Meßtechnik. 3. Auflage, Verlag Technik Berlin, 1994 - ISBN 3-341-01106-4

H. Czichos (Hrsg.): Das Ingenieurwissen Gebundene. 7. Auflage, Springer Verlag, 2012, ISBN 978-3-642-22849-0.

Best, Roland: Digitale Meßwertverarbeitung. Oldenbourg München, 1991 - ISBN 3-486-21573-6.

E DIN IEC 60050-351:2013-07 International Electrotechnical Vocabulary Part 351: Control technology / Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik.

DIN 44300:1982-03 Informationsverarbeitung; Begriffe.

DIN 44300-1:1995-03 Informationsverarbeitung - Begriffe - Teil 1: Allgemeine Begriffe.

DIN 40900-12:1992-09 Graphische Symbole für Schaltungsunterlagen; Binäre Elemente.

1	<b>Module name</b> 97247	<b>Fertigungsmesstechnik I</b> Manufacturing metrology I	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen: Teilgebiete der industriellen Messtechnik, Grundaufgaben der Fertigungsmesstechnik, Messbedingungen und Zeitpunkte, Methoden und Teilaufgaben der Fertigungsmesstechnik, Ziele der Fertigungsmesstechnik; Begriffsdefinitionen: Messen, Überwachen, Prüfen, Überwachen, Lehren, Geschichte der Fertigungsmesstechnik, Ausrüstung in der Fertigungsmesstechnik, Grundeinteilung der Mess- und Prüfmittel, klassische Fertigungsmesstechnik, Koordinatenmesstechnik; Begriffe der Messtechnik (Wiederholung aus Grundlagenvorlesung): Messgröße, Größenwert, Messergebnis, Messwert, Messprinzip, Messmethode, Messverfahren, Empfindlichkeit, Messbereich, Auflösung (Orts- bzw. Skalenauflösung vs. Strukturauflösung, Amplituden-Wellenlängen-Diagramm), wahrer Wert, vereinbarter Wert, systematische und zufällige Messabweichung, Kalibrierung, Verifizierung, Eichung, Validierung, Messpräzision, Messgenauigkeit, Messrichtigkeit, Messunsicherheit</li> <li>• Längenmesstechnik (Handmessmittel und Normale): Aufgaben und Einsatz der Längenmesstechnik, Messschieber (Aufbau, Ablesung), Nonius, Parallaxenabweichung, Abweichung 1.- Ordnung, Abbe'sches Komparatorprinzip, Messvarianten mit Messschiebern, Bauformen von Messschiebern, Messschrauben (Aufbau, Ablesung), Abweichung 2.- Ordnung, Bauformen von Messschrauben, Messuhr, Feinzeiger, Fühlhebelmessgerät, induktive Messtaster (Aufbau, Kennlinie), Ursachen von Messabweichungen: Messkreis, Temperatureinflüsse, Ausdehnungskompensation, Flächenpressung und Abplattung, Deformation von Messplatten und langen Teilen, Kippungs- und Führungsabweichungen, Formabweichungen und -änderungen (Gleichdick bzw. Reuleaux-Polygone), Ellipse und Dreibogengleichdick, Dreipunktmessung, Zentrierfehler und Zentrierhilfen; Werkstoffe für Messkreise: Aluminium, Stahl, Invar 36, Super Invar 32-5, Naturstein, Polymerbeton, Keramiken, Gesintertes Siliziumcarbid, NEXCERA N113G, Titanium-Silikatglas ULE, Zerodur, mechanische Spannungen und Kriechen; Maßverkörperungen: Parallelendmaße, Fühlerlehren, Grensrachenlehren</li> <li>• Längenmesstechnik (Maßstäbe und Encoder): Maßstäbe mit visueller Ablesung: Maßstäbe mit</li> </ul>

Skalen, Auflösungsvermögen des Auges, Spiralkular, Abweichung 1.- und 2.-Ordnung (Messmikroskop), Abbe Komparator, Eppensteinprinzip; optische inkrementelle Encoder: Längenmessungen mit inkrementellen Encodern, Teilungsbreite vs. Detektorgröße, Moiré-Effekt, Prinzip eines optischen inkrementellen Encoders, Ermittlung Bewegungsrichtung Inkremental-Encoder, Quadratursignale und richtungsabhängige Zählung (Abtastplatte), Netzwerkinterpolatoren (Auflösungserhöhung), Demodulation für Encodersignale, Demodulationsabweichungen (Quantisierungs-, Amplituden-, Offset- und Phasenabweichungen), Heydemannkorrektur, Differenzsignale, Abtastung (abbildendes Prinzip, Durchlicht und reflektiertes Licht), kodierte Referenzmarken, Einfeldlesekopf, Abtastung (interferentielles Prinzip, reflektiertes Licht), Drei-Achsen-Verschiebungssensoren; optische absolute Encoder: absolut codierte Maßstäbe, V- und U-Anordnung und Gray Code, Pseudo Random Code; magnetische, induktive und kapazitive Linearencoder: magnetische Linearencoder, induktive Linearencoder, kapazitive Linearencoder; Längenmessgeräte: Universallängenmessgerät, Höhenmessgerät

- Längenmesstechnik (Interferometer): Interferenz und Interferometer: Interferometrie, Michelson Versuch, Interferenz, Wellengleichung, transversale elektromagnetische Welle (TEM), Polarisierung des Lichtes, Überlagerung von Wellen (konstruktive und destruktive Interferenz), Voraussetzung für die interferometrische Längenmessung, Interferenz von Lichtwellen, Homodynprinzip, Heterodynprinzip, Interferenz am Michelson-Interferometer, Interferenz am Homodyninterferometer, Abstand der Interferenzlinien, Einteilung von Interferometern; Demodulation von Interferometersignalen: Demodulation am Homodyninterferometer, Demodulation am Heterodyninterferometer, Vergleich der Homodyn- und Heterodyninterferometer, Luftbrechzahl, parametrische und interferometrische Erfassung, Totstreckenkorrektur, praktische Realisierung der Demodulation am Homodyninterferometer, Quantisierungsabweichungen, Demodulationsabweichungen durch Quadratursignalrauschen, Längenabweichungen durch Offset-, Amplituden- und Phasenabweichungen, Kompensation der statischen Abweichungen, verbleibende dynamische Abweichungen; Kohärenz: räumliche und zeitliche Kohärenz, Kohärenzlänge von Einfrequenz- und Zweifrequenzlasern sowie Weißlicht; He-Ne-Laser und Rückführbarkeit: spontane und stimulierte Emission, Laser (Aufbau, Resonator und Entstehung der Lasermoden), Resonatoranordnungen, Gauß-Strahlen, Transformation von Gauß-Strahlen (dünne Linsen), He-Ne-Laser

- (Energiezustände, Aufbau, Prinzip, Verstärkungskurve und Lasermoden, Frequenzstabilität), Methoden zur Stabilisierung von He-Ne-Lasern (Lamb-dip, externe Absorptionszelle, Intensitätsgleichheit bei Zeeman-Aufspaltung, Intensitätsgleichheit orthogonal linear polarisierter Moden), Messung der Beatfrequenz, optischer Frequenzkamm, Rückführbarkeit der Längenmessung (kurze Strecken), Realisierung der Meterdefinition, Rückführbarkeit der Längenmessung (große Strecken); Absolutinterferometrie: Mehrwellenlängeninterferometer; Interferometeraufbauten: Oberflächenspiegel, Prismen, Retroreflektoren, Strahlteiler, planparallele Platte, Drehkeilpaar, Linearpolarisatoren - strahlteilende Polarisatoren, Lambda/2- und Lambda/4-Platten, Faraday-Isolator, Baukastensysteme, Aufbauvarianten, Messabweichungen und Messkreise, Kompaktinterferometer (z. B. Homodyninterferometer), Kombination von Kippinvarianz und lateraler Verschiebung, Justage von Interferometern; Anwendung von Interferometern: Präzisions-Längenkomparator, Kalibrierinterferometer, Laser Tracer, Multilateration, Laser Vibrometrie, Interferenzkomparator
- Winkel- und Neigungsmesstechnik: Winkelmessung und Aufgaben: ebener Winkel, Raumwinkel, Messaufgaben; Winkelmaßverkörperungen: Einzelwinkelnormale, Winkelendmaße, Sinuslineal, Sinus-Winkel-Einstellgerät, Tangenslineal, Winkelprisma verstellbar, mechanische Kreisteilungsnormale, optische Kreisteilungsnormale, Winkelencoder (optisch oder induktiv), Spiegelpolygon, Pentaprisma; Winkelmessgeräte: Winkelmesser, Universalwinkelmesser, Winkelencoder (inkrementell absolut codiert); Messabweichungen: Scheitel- und Schenkeldeckung, Doppelablesung (180°-Ablesung); Neigungsmessung: Wasserwaagen, Libellen, Koinzidenzlibelle, Schlauchwaage, Klinometer/ Inklinometer (MEMs, Kraftkompensationssensoren); optische Winkelmessgeräte: Fernrohr, Kollimator, Strichplatten, Kollimator und Fernrohr, Autokollimator (visuelle und elektronische Ablesung), Autokollimator-Anwendungen (Winkelverschiebung, Geradheitsmessung, Rechtwinkligkeitsmessung, Kalibrierung von Drehtischen), Sextant, Theodolit und Tachymeter, Lasertracker, Winkelmessung mit Laserinterferometern, Kalibrierinterferometer
  - Geometrische Produktspezifikation und Verifikation (GPS): Grundlagen der GPS: Systematik der Gestaltabweichungsarten (Maß-, Form-, Lageabweichungen und Abweichung der Oberflächenbeschaffenheit), Ordnungssystem für Gestaltabweichungen, geometrischen Toleranzen, Entwicklung der Normung und Messtechnik, System der geometrischen Produktspezifikation, ISO-GPS-Matrix, Grundsätze, Dualitätsprinzip, Operatoren,

Begriffsdefinition von Geometrieelementen (Nenn-, wirkliches, erfasstes und zugeordnetes Geometrieelement, ...), Standardgeometrieelemente; Toleranzen von Längenmaßen: Größenmaße, Spezifikationsmodifizierer für Längenmaße, Toleranzen von Längenmaßen, Nennmaß, Grenzmaß, Abmaß, Grenzabmaß, ISO-Toleranzsystem für Längenmaße ISO-Passungen; Toleranzen von Winkelmaßen: Spezifikationsmodifizierer für Winkelmaße, Winkelgrößenmaße; Entscheidungsregeln für Konformitäts- und Nichtkonformitätsnachweis: Kennwerte für Messabweichungen, „Goldene Regel“ der Messtechnik nach Berndt (ca. 1924), Prüfung auf Konformität, Prüfung auf Nichtkonformität; Bezüge, Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranz, zusätzliche Spezifikationen (grundlegende GPS-Spezifikationen, Unabhängigkeitsprinzip, Maximum-Material-Bedingung, Minimum-Material-Bedingung, Reziprozitätsbedingung, Hüllbedingung, "Taylor'scher Grundsatz“, freier Zustand; Allgmeintoleranzen, Welligkeit und Rauheit, Kanten mit unbestimmter Gestalt, definierte Übergänge zwischen Geometrieelementen (Kante bestimmter Gestalt), Produktionsprozessspezifische Normen (Gußteile, Kunststoff-Formteile, thermisches Schneiden)

- Taktile Koordinatenmesstechnik: Historie, Gerätetechnik: Grundanordnung, konventionelle und unkonventionelle Bauarten, Gerätetechnik (Antriebe, Führungen, Längenmesssysteme), Tastsysteme (Übersicht, Messung der Auslenkung, Messsignale, Antastung, Einzelpunktantastung, Scanning, Richtungsempfindlichkeit, Erzeugung der Antastkraft, Kinematik, Bestandteile, kinematische Kopplungen, Dreh-Schwenk-System, Taster, Arten von Tastsystemen, mechanische Filterwirkung), Steuereinheit, Zusatzeinrichtungen (Drehtisch, Taster- und Messkopfwechselbank, Werkstückfixierung); Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messung: Beschreiben und Festlegen der Messaufgabe inkl. Bezugssystem, Feststellen Einflüsse auf das Messergebnis, Vorbereitung der Messung, Aufspannen des Werkstücks, Auswahl des Messkopfes und Tasters, Einmessen des Tasters, Festlegen der Messstrategie, Auswertung der Messergebnisse (Ausgleichsverfahren, Operatoren, Messunsicherheitsbestimmung); Spezifikation, Parameter und Prüfung (Annahme- und Bestätigungsprüfung, Überwachung von Koordinatenmessgeräten, Normale, Spezifikation)
- Taktile Oberflächenmesstechnik: Oberflächen, Charakterisierung von Oberflächen, Oberflächenmessprinzipien, Wechselwirkung und Einflussgrößen, Oberflächenmessverfahren; taktile Messverfahren: Tastschnittgeräte, Diamant-Tastspitze, Messumformer, morphologische Filterwirkung, Bauarten;



Überblick Oberflächenparameter; Profilparameter (2D; DIN EN ISO 4287 und DIN EN ISO 21920-2): Auswertung eines Oberflächenprofils, Filterung, Messstrecke und Einzelmessstrecken, Senkrechtkenngößen, Waagrechtkenngößen, gemischte Kenngößen, Kenngößen aus charakteristischen Kurven, Motifkenngößen; Flächenparameter (3D; DIN EN ISO 25178-2): Auswertung einer Flächentopographie, Höhenparameter, Hybridparameter, flächenhafte Materialanteilkurve, Topographische Elemente; Streulichtparameter: Varianz der Verteilungskurve

**Content:**

- Basics: Sub-areas of industrial metrology, basic tasks of manufacturing metrology, measuring conditions and points in time, methods and subtasks of manufacturing metrology, objectives of manufacturing metrology; definitions of terms: measuring, monitoring, testing, checking, gauging, history of manufacturing metrology, equipment in manufacturing metrology, basic classification of measuring and testing equipment, classical manufacturing metrology, coordinate metrology; terms of metrology (repetition from fundamental lecture): measured quantity, quantity value, measurement result, measured value, measurement principle, measurement method, measurement procedure, sensitivity, measurement range, resolution (spatial or scale resolution vs. structural resolution, amplitude-wavelength diagram), true value, agreed value, systematic and random measurement deviation, calibration, verification, validation, measurement precision, measurement accuracy, measurement correctness, measurement uncertainty
- Length measuring technique (hand-held measuring devices and standards): tasks and use of length measuring technique, caliper (construction, reading), vernier, parallax deviation, error of the 1st order, Abbe's comparator principle, measuring variants with calipers, types of calipers, micrometers (construction, reading), error of the 2nd order, types of micrometers, dial gauge, vernier pointer, lever gauge, inductive probes (construction, characteristic curve), causes of measuring errors: measuring circuit, temperature influences, expansion compensation, surface contact pressure and flattening, deformation of measuring plates and long parts, tilting and guiding deviations, shape deviations and changes (equal thickness or Reuleaux polygons), ellipse and three-arc equal thickness, three-point measurement, centring errors and centring aids; materials for measuring circuits: Aluminium, steel, Invar 36, Super Invar 32-5, natural stone, polymer concrete, ceramics, sintered silicon carbide, NEXCERA N113G, titanium silicate glass ULE, Zerodur, mechanical stresses and creep; Dimensional standards: gauge blocks, feeler gauges, limit gauges

- Length measuring technique (scales and encoders): scales with visual reading: scales with graduations, resolving power of the eye, spiral eyepiece, 1st and 2nd order error (measuring microscope), Abbe comparator, Eppenstein principle; optical incremental encoders: length measurement with incremental encoders, graduation width vs. detector size, Moiré effect, principle of an optical incremental encoder, determination of direction of movement incremental encoder, quadrature signals and direction-dependent counting (scanning plate), network interpolators (resolution increase), demodulation for encoder signals, demodulation deviations (quantisation, amplitude, offset and phase deviations), Heydemann correction, differential signals, scanning (imaging principle, transmitted and reflected light), coded reference marks, single-field reading head, scanning (interferential principle, reflected light), three-axis displacement sensors; optical absolute encoders: absolute coded scales, V and U arrangement and Gray code, pseudo random code; magnetic, inductive and capacitive linear encoders: magnetic linear encoders, inductive linear encoders, capacitive linear encoders; linear encoders: universal linear encoder, height encoder
- Length measurement technique (interferometer): interference and interferometer: interferometry, Michelson experiment, interference, wave equation, transverse electromagnetic wave (TEM), polarisation of light, superposition of waves (constructive and destructive interference), prerequisite for interferometric length measurement, interference of light waves, homodyne principle, heterodyne principle, interference at the Michelson interferometer, interference at the homodyne interferometer, distance of interference lines, classification of interferometers; demodulation of interferometer signals: demodulation at the homodyne interferometer, demodulation at the heterodyne interferometer, comparison of homodyne and heterodyne interferometers, air refractive index, parametric and interferometric acquisition, dead-path correction, practical realisation of demodulation at the homodyne interferometer, quantisation deviations, demodulation deviations due to quadrature signal noise, length deviations due to offset, amplitude and phase deviations, compensation of static deviations, remaining dynamic deviations; coherence: spatial and temporal coherence, coherence length of single-frequency and dual-frequency lasers and white light; He-Ne laser and traceability: spontaneous and stimulated emission, lasers (structure, resonator and origin of laser modes), resonator arrangements, Gaussian beams, transformation of Gaussian beams (thin lenses), He-Ne lasers (energy states, structure, principle, gain curve and laser modes, frequency stability), methods for stabilising He-Ne lasers (Lamb-dip, external absorption cell, intensity equality with

Zeeman splitting, intensity equality of orthogonally linearly polarised modes), measurement of beat frequency, optical frequency comb, traceability of length measurement (short distances), realisation of metre definition, traceability of length measurement (long distances); absolute interferometry: multi-wavelength interferometer; interferometer set-ups: surface mirrors, prisms, retroreflectors, beam splitters, plane-parallel plate, rotating wedge pair, linear polarisers - beam-splitting polarisers,  $\lambda/2$  and  $\lambda/4$  plates, Faraday isolator, modular systems, set-up variants, measurement errors and measurement circuits, compact interferometers (e.g. homodyne interferometer), combination of tilt invariance and lateral displacement, adjustment of interferometers; application of interferometers: precision length comparator, calibration interferometer, laser tracer, multilateration, laser vibrometry, interference comparator

- Angle and inclination measuring technology: angle measurement and tasks: plane angle, solid angle, measuring tasks; angle measuring standards: single angle standards, angle end measures, sine ruler, sine angle adjuster, tangent ruler, angle prism adjustable, mechanical circular graduation standards, optical circular graduation standards, angle encoder (optical or inductive), mirror polygon, pentaprism; angle measuring instruments: protractor, universal protractor, angle encoder (incremental absolute coded); measurement deviations: vertex and limb coverage, double reading ( $180^\circ$  reading); inclination measurement: spirit levels, bubble levels, coincidence bubble, hose level, clinometer/ inclinometer (MEMs, force compensation sensors); optical angle measuring instruments: Telescope, collimator, graticules, collimator and telescope, autocollimator (visual and electronic reading), autocollimator applications (angular displacement, straightness measurement, squareness measurement, calibration of rotary tables), sextant, theodolite and tachymeter, laser tracker, angle measurement with laser interferometers, calibration interferometer
- Geometric product specification and verification (GPS): fundamentals of GPS: systematics of shape deviation types (dimensional, form, positional and surface quality deviations), classification system for shape deviations, geometric tolerances, development of standardisation and metrology, system of geometric product specification, ISO GPS matrix, principles, duality principle, operators, definition of terms of geometry elements (nominal, real, recorded and assigned geometry element, ...), standard geometry elements; tolerances of length dimensions: size dimensions, specification modifiers for length dimensions, tolerances of length dimensions, nominal dimension, limit dimension, allowance, limit allowance, ISO tolerance system for length dimensions

ISO fits; tolerances of angle dimensions: specification modifiers for angular dimensions, angular size dimensions; decision rules for proof of conformity and non-conformity: characteristic values for measurement deviations, "Golden Rule" of metrology according to Berndt (ca. 1924), verification of conformity, verification of non-conformity; references, shape, direction, location and running tolerance, additional specifications (basic GPS specifications, independence principle, maximum material condition, minimum material condition, reciprocity condition, envelope condition, "Taylor's principle", free state; general tolerances, waviness and roughness, edges of indeterminate shape, defined transitions between geometry elements (edge of determinate shape), production process specific standards (castings, moulded plastic parts, thermal cutting)

- Tactile coordinate measuring technology: history, instrument technology: basic arrangement, conventional and unconventional designs, machine technology (drives, guideways, length measuring systems), tactile systems (overview, measurement of deflection, measuring signals, probing, single-point probing, scanning, directional sensitivity, generation of probing force, kinematics, components, kinematic couplings, rotary-tilt system, probes, types of tactile systems, mechanical filter effect), control unit, additional equipment (rotary table, probe and measuring head changing bench, workpiece fixing); preparation, execution and evaluation of the measurement: describing and specifying the measuring task incl. reference system reference system, determining influences on the measurement result, preparing the measurement, clamping the workpiece, selecting the measuring head and probe, calibrating the probe, determining the measurement strategy, evaluating the measurement results (compensation methods, operators, determining the measurement uncertainty); specification, parameters and testing (acceptance and confirmation testing, monitoring coordinate measuring machines, standards, specification)
- Tactile surface metrology: surfaces, characterisation of surfaces, surface measuring principles, interaction and influencing variables, surface measuring methods; tactile measuring methods: tactile measuring methods: stylus instruments, diamond stylus tip, transducer, morphological filter effect, types; overview of surface parameters; profile parameters (2D; DIN EN ISO 4287 and DIN EN ISO 21920-2): evaluation of a surface profile, filtering, measuring section and individual measuring sections, perpendicular parameters, horizontal parameters, mixed parameters, parameters from characteristic curves, motif parameters; surface parameters (3D; DIN EN ISO 25178-2): evaluation of an area topography, height parameters, hybrid parameters, area material proportion

		curve, topographic elements; scattered light parameters: variance of the distribution curve
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p><b>Wissen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierendenden können die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Fertigungsmesstechnik darlegen.</li> <li>• Die Studierenden können die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen Größen an Werkstücken nennen.</li> <li>• Die Studierendenden können Messaufgaben, deren Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben.</li> </ul> <p><b>Verstehen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messergebnisse und das zugrunde liegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren.</li> </ul> <p><b>Anwenden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben durch das Erlernete implementieren.</li> <li>• Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik eigenständig auswählen.</li> </ul> <p><b>Analysieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können Schwachstellen in der Planung und Durchführung selbstständiges erkennen.</li> <li>• Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich der Fertigungsmesstechnik bewerten</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Für eine optimale Vorbereitung empfiehlt sich eine Belegung des Moduls "Grundlagen der Messtechnik". Dies ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung für das Modul "Fertigungsmesstechnik I".
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3</li> </ul>

- DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2010
- Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9
- Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5
- Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmeßtechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9
- Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2
- Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2
- Ernst, Alfons: Digitale Längen- und Winkelmesstechnik. 4. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2001 ISBN 3-478-93264-5
- Joza, Jan: Messen großer Längen. VEB Verlag Technik Berlin, 1969
- Henzold, Georg: Form und Lage. 3. Auflage, Beuth Verlag GmbH Berlin, 2011 ISBN 978-3-410-21196-9
- Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012
- \*Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik\*
- [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall][http://youtu.be/tQgvr\\_Y3GI0](http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0)
- [Multisensor-Koordinatenmesstechnik]<http://www.koordinatenmesstechnik.de/>
- [E-Learning Kurs AUKOM Stufe 1]<http://www.aukom-ev.de/deutsch/elearning/content.html>

1	<b>Module name</b> 96925	<b>Fertigungsmesstechnik II</b> Manufacturing metrology II	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Vorlesung Fertigungsmesstechnik II (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<p><b>Taktile Formmesstechnik:</b> Grundlagen der Formmesstechnik (Hoch- und Tiefpassfilter), Prinzip, Charakteristika, Messaufgaben, Bauarten von taktilen Formmessgeräten (Drehtisch-, Drehspindelgeräte, Universalmessgeräte, Tastsysteme), Messabweichungen (Einflussfaktoren, Kippen und Zentrieren des Werkstücks, Abweichungen der Drehführung und deren Bestimmung, Abweichungen der Geradfürungen), Kalibrierung von Formmessgeräten (Flick-Normale, Vergrößerungsnormale, Kugelnormale, Mehrwellennormale), Mehrlagenverfahren, Umschlagverfahren</p> <p><b>Bildverarbeitungssysteme:</b> Messmikroskope, Profilprojektoren und Scanauge, Bildverarbeitungssystem (Prinzipieller Aufbau, Messen im Bild, Messen am Bild), Beleuchtung (Auflicht, Hintergrund, Hellfeld, Dunkelfeld, kollimiert, coaxial, diffus), Beobachtungsstrahlengänge (Geometrische Optik, lateraler und axialer Abbildungsmaßstab, Schärfentiefe, Scheimpflug-Prinzip, telezentrische Abbildung), Schattenwurfssysteme, Bildverarbeitung (Operationen, Prinzipien)</p> <p><b>Optische Oberflächenmesstechnik:</b> Überblick Oberflächenabweichungen und Oberflächenmessprinzipien, Wechselwirkungen, Einteilung der optischen Oberflächenmessverfahren, Messmikroskope und Fokusvariation (Bauformen Mikroskope und Beleuchtung, Diffuse und gerichtete Reflexion, Numerische Apertur, Numerische Apertur, Immersionsflüssigkeit, Punktverwaschungs-Funktion, Auflösungsvermögen, Modulations-Transfer-Funktion, Auflösung und Amplituden-Wellenlängen-Diagramm, Messmikroskope, Fokusvariation, Fokusvariation mit strukturierter Beleuchtung, Flying Spot Mikroskop, konfokales Mikroskop (Aufbau, Prinzip, Kennlinie), axiales und laterales Rastern (Nipkow-Scheibe, Scanspiegel, Mikrolinsenarray, Laserscanningmikroskop, konfokaler zwei Wellenlängenfasersensor, chromatischer Weißlichtsensor), Laser-Autofokusverfahren, Fotogrammetrische Mikroskopie, Interferenzmikroskope (Michelson, Mirau, Linnik, Phasenschieber), Weißlichtinterferometer Streulichtmessung, Eigenschaften der optischen Antastung im Fernfeld</p>	

**Optische Formmesstechnik:** Interferometrische Geradheitsmessung, Interferometrische Ebenheitsmessung (Interferenz gleicher Neigung und gleicher Dicke, Mehrstrahlinterferenz, Fabry-Perot und Fizeauinterferometer, Interferenzfilter, Newtonsche Ringe, Phasenschiebeinterferometer, Demodulation mit Phasenschiebung, synthetische Wellenlänge, Anwendung der Fizeau-Interferometrie, Einfluss der Referenzfläche, Dreiplattentest, Interferometrie streifendem Einfall, Twyman-Green Interferometer, Einsatzgrenzen), Deflektometrische Formmessung (Überblick Deflektometrie, Grundprinzip, Autokollimator, Extended Shear Angle Difference Methode, flächenhafte Deflektometrie, Einsatzgrenzen)

**Fotogrammetrie:** Grundprinzip, Stereophotogrammetrie, passive Triangulation, Grundlagen, aktive Triangulation, Lichtfeldkamera (Plenoptische Kamera), Punktprojektionsverfahren, Linienprojektionsverfahren (Lichtschnittverfahren), Streifenprojektionsverfahren (strukturierte Beleuchtung, Grundprinzip Ein- und Zweikamerasysteme, Kodierung Gray Code, Phasenschiebung, Kombinierte Beleuchtung aus Gray Code und Phasenschiebung, Anwendung, Datenverarbeitung, Einsatzgrenzen), Registrierung, Fusion, Stitching, Gerätebeispiele, Industrielle Anwendung, Gerätekenngößen und deren Prüfung

**Röntgen-Computertomografie:** Grundlagen, Röntgenstrahlung, Grundprinzip der Röntgen-Computertomografie, Aufbau und Scanvarianten, Vergrößerung, Röntgenstrahlquellen, Strahlungsspektrum, Detektoren, Wechselwirkung mit Material (Photoelektrischer Effekt, Compton Streuung), Rekonstruktion (Radontransformation, algebraische Rekonstruktion, gefilterte Rückprojektion), Oberflächenbestimmung (Schwellwertfindung), Artefakte (Strahlaufhärtung, Ringartefakte, Streustrahlung, Abschneiden, Kegelstrahl-Artefakte, Scanner-Fehlaustrichtung, unzureichende Anzahl von Projektionen, Multimaterial-CT), Rückführung, Überwachung, Messunsicherheit, Anwendung (Defekterkennung, Micro- und Nano-CT, Hochenergie-CT, Multimaterial)

**Spezifikation und Messung optischer Komponenten:** Zeichnungen für optische Elemente und Systeme, Messung geometrischer Spezifikationen, Materialspezifikation, Spezifikation von Oberflächenformtoleranzen, Messung der Oberflächenformabweichungen (Passe) mit Probegläsern,



		<p>Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen, Messung geometrischer Spezifikationen</p> <p><b>Mikro- und Nanomesstechnik:</b> Positioniersysteme (Führungen und Antriebe, Gewichtskraftkompensation), metrologischer Rahmen und Gerätekoordinatensysteme, Antastprinzipien und Messsystem (Rasterelektronenmikroskop, Rastertunnelmikroskop, Rasterkraftmikroskope, Nahfeldmikroskope, mikrotaktile Antastung), Mikro- und Nanokoordinatenmesssysteme, Einflussgrößen, Kalibrierung und Rückführung</p> <p><b>Filter:</b> Filterung von Topografiedaten, Analoge Filter, Digitale Filter (Gauß-Filter, Gauß-Filter für geschlossene Profile, Spline-Filter, Gauß'sches Regressionsfilter, Robuste Profilfilterung, Morphologische Filter - Dilatation und Erosion, Empfehlung zur Verwendung linearer und robuster Profilfilter)</p>
6	<p><b>Learning objectives and skills</b></p>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen relevante Definitionen, Fachbegriffe und Kriterien der Fertigungsmesstechnik.</li> <li>• Die Studierenden können einen Überblick zur Gerätetechnik der Fertigungsmesstechnik sowie deren Funktionsweise und Einsatzgebiete wiedergeben</li> <li>• Die Studierenden wissen um die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von dimensionellen und geometrischen.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage die, den vorgestellten Messgeräten der Fertigungsmesstechnik, zugrundeliegenden Messprinzipien in eigenen Worten zu erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben beschreiben und interpretieren, und Schwachstellen in der Planung und Durchführung erkennen.</li> <li>• Die Studierenden können Messergebnisse und die zugrunde liegenden Verfahren angemessene kommunizieren und interpretieren.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können eigenständig geeignete Verfahren im Bereich Fertigungsmesstechnik auswählen.</li> <li>• Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben transferieren.</li> </ul> <p>Evaluiieren (Beurteilen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben in der Fertigungsmesstechnik beurteilen und strukturell analysieren.</li> <li>• Die Studierenden sind in der Lage Messergebnisse zu hinterfragen und auf dieser Basis die Funktionalität des</li> </ul>

		<p>Messsystems sowie die zum Zeitpunkt der Messung vorherrschenden Messbedingungen zu bewerten.</p> <p>Erschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können die Eignungsuntersuchungen verschiedener Messprinzipien zur Erfüllung neuer Messaufgaben erstellen und auf deren Basis adaptierte Messsysteme konzipieren.</li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	Eine Teilnahme an der Lehrveranstaltung "Fertigungsmesstechnik 1" wird empfohlen, ist jedoch keine Teilnahmevoraussetzung.
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in summer semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<p>International Vocabulary of Metrology Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008, <a href="http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html">http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html</a></p> <p>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Korrigierte Fassung 2012, Beuth Verlag GmbH, 4. Auflage 2012</p> <p>Pfeifer, Tilo: Fertigungsmesstechnik. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1998 ISBN 3-486-24219-9</p> <p>Keferstein, Claus P.: Fertigungsmesstechnik. 7. Auflage, Vieweg +Teubner Verlag, 2011 ISBN 978-3-8348-0692-5</p> <p>Warnecke, H.-J.; Dutschke, W.: Fertigungsmesstechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984 ISBN 3-540-11784-9</p> <p>Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. 3. Auflage, Verlag Moderne Industrie, 2006 ISBN 978-3-937889-51-2</p> <p>Neumann, Hans Joachim: Koordinatenmesstechnik im der industriellen Einsatz. Verlag Moderne Industrie, 2000 ISBN 3-478-93212-2</p>

Weckenmann, A.: Koordinatenmesstechnik: Flexible Strategien für funktions- und fertigungsgerechtes Prüfen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012

Hausotte, Tino: Nanopositionier- und Nanomessmaschinen - Geräte für hochpräzise makro- bis nanoskalige Oberflächen- und Koordinatenmessungen. Pro Business Verlag, 2011 - ISBN 978-3-86805-948-9

David J. Whitehouse: Handbook of Surface and Nanometrology, Crc Pr Inc., 2010 - ISBN 978-1420082012

1	<b>Module name</b> 23030	<b>Qualitätsmanagement II - Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement</b> Phasenübergreifendes Qualitätsmanagement (QM II)	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Qualitätsmanagement QMaK (2 SWS)	-
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsmanagementsystem - Auditierung und Zertifizierung</li> <li>• Total Quality Management und EFQM-Modell</li> <li>• Ausbildung und Motivation</li> <li>• Kontinuierliche Verbesserungsprogramme und Benchmarking</li> <li>• Problemlösungstechniken und Qualitätszirkel</li> <li>• Qualitätsbewertung</li> <li>• Qualität und Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Six Sigma</li> <li>• Qualitätsmanagement bei Medizinprodukten</li> <li>•  Qualitätsbewertung (Übung) </li> <li>•  Qualitätsbezogene Kosten und Wirtschaftlichkeit (Übung) </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage, Wissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Wissen zu Qualitätsmanagement als unternehmens- und produktlebenszyklusübergreifende Strategie zu veranschaulichen</li> <li>◦ Anforderungen, Aufbau, Einführung sowie die Auditierung und Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen</li> <li>◦ Business Excellence anhand Total Quality Management (TQM), Unternehmensbewertungsmodelle wie EFQM und kontinuierlicher Verbesserungsprozesse im Unternehmen auszuführen</li> <li>◦ die Wirtschaftlichkeit von Qualitätsverbesserungsmaßnahmen zu demonstrieren</li> <li>◦ die Methodik Six Sigma" zu beschreiben und dem Kontext der Qualitätsverbesserung zuzuordnen</li> <li>◦ Handlungsgrundlagen hinsichtlich Ausbildungs-, Motivations- und Organisationsverbesserung zu ermitteln</li> </ul> </li> <li>Evaluieren: die Qualität mit etablierten Vorgehensweisen zu bewerten</li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211	
10	<b>Method of examination</b>	Written (60 minutes) Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60	

11	<b>Grading procedure</b>	Written (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A - Z, Carl Hanser Verlag, München 2011</li> <li>• Pfeifer, T.; Schmitt, R.: Masing Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser, München 2021</li> <li>• Wagner, K. W.; Patzak, G.: Performance Excellence - Der Praxisleitfaden zum effektiven Prozessmanagement, Carl Hanser Verlag, München 2020</li> <li>• Zink, K. J.: Mitarbeiterbeteiligung bei Verbesserungs- und Veränderungsprozessen, Carl Hanser Verlag, München 2007</li> </ul>

1	<b>Module name</b> 97248	<b>Prozess- und Temperaturmesstechnik</b> Process and temperature metrology	<b>5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	The teaching units in the module are only offered in the winter semester.	
3	Lecturers	-	

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturmesstechnik: Messgröße Temperatur: (thermodynamische Temperatur, Symbole, Einheiten, Neudefinition der SI Einheiten, Temperatur als intensive Größe, Prinzip eines Messgerätes, direkte Messung und Voraussetzungen, indirekte Temperaturmessung und Voraussetzungen, Überblick primäre Temperaturmessverfahren, unmittelbar und mittelbare Temperaturmessung) Prinzipielle Einteilung der Temperaturmessverfahren, Temperaturskalen: praktische Temperaturskalen (Tripelpunkte, Schmelz- und Erstarrungspunkte), klassische Temperaturskalen (Benennung und Fixpunkte), ITS 90 (Bereich, Fixpunkte, Interpolationsinstrumente) Grundlagen der Temperaturmessung mit Berührungsthermometer Mechanische Berührungsthermometer Widerstandsthermometer (Pt100, NTC, PTC, Kennlinie, Messschaltungen) Thermoelemente (Grundlagen, Aufbau, Vergleichsstelle, Bauformen) Spezielle Temperaturmessverfahren (Rauschtemperaturmessung, Quarz-Thermometer) Strahlungsthermometer (Grundlagen, Prinzip, Schwarzer Strahler)</li> <li>• Wägetechnik: Messgrößen Masse und Gewicht, Prototypen, Rückführung und Masseableitung, Neudefinition des kg, Einflüsse auf Massenmessung, Balkenwaagen, Federwaagen, Elektromagnetische Kraftkompensationswaage, Komparatoren</li> <li>• Messen der Dichte: Messgröße Dichte, Einteilung der Dichtemessverfahren, Messverfahren für feste, flüssige und gasförmige Stoffe</li> <li>• Messen des Druckes: Messgröße Druck, Einteilung der Druckmessverfahren, Druckwaagen, Flüssigkeitsmanometer und Barometer, federelastische Druckmessgeräte, Druckmessumformer, Druckmittler, piezoelektrische Druckmessgeräte</li> <li>• Messen des Durchflusses: Messgröße Durchfluss, Einteilung der Durchflussmessverfahren, Volumetrische Messverfahren, Massendurchflussmessung</li> <li>• Messen des Füllstandes und Grenzstandes: Grundlagen (Messgrößen Füllstand und Grenzstand, Behälter, Einteilung), Messverfahren</li> <li>• Messen der Feuchte: Grundlagen (Messgröße Feuchte), Gasfeuchtemessung, Materialfeuchtemessung</li> </ul> <p><b>Content:</b></p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperature measurement: Measure "temperature (thermodynamic temperature, symbols, units, temperature and intensive quantity, principle of a measuring instrument, and direct measurement conditions, indirect temperature measurement and conditions Overview primary temperature measurement methods, direct and indirect temperature measurement) Basic classification of temperature measurement methods Temperature scales: practical temperature scales (triple points, melting and solidification points), classical temperature scales (naming and fixed points), ITS 90 (range, fixed points, interpolating instruments) Mechanical contact thermometers Resistance thermometer (Pt100, NTC, PTC, characteristic, measurement circuits) Thermocouples (foundations, structure, junction, mounting positions) Special methods of temperature measurement (noise temperature measurement, quartz thermometer) Pyrometer Static and dynamic thermal sensors</li> <li>• Weighing technology: Mass and weight, prototypes, traceability of mass, new definition of the kg, influences on mass measurement, beam balances, spring scales, electromagnetic force compensation, comparators</li> <li>• Measurement of density: Measurand density, Classification of density measurement methods, measurement procedures for solid, liquid and gaseous substances</li> <li>• Measurement of pressure: Measurand pressure, Classification of pressure measuring method, Pressure balances Liquid manometers and barometers, Resilient pressure gauges, Pressure transmitters, Diaphragm seals, Piezoelectric pressure gauge</li> <li>• Measurement of flow: Measurand flow, Classification of flow measurement methods, Volumetric measurement methods, Mass flow measurement</li> <li>• Measurement of filling level and limit state: Fundamentals (Measurands filling level and limit state, tanks, classification), Measuring methods</li> <li>• Measurement of humidity: Fundamentals (Measurand humidity), Gas humidity measurement, Material humidity measurements</li> </ul>
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die Motivation, Ziele, Grundsätze und Strategien der Prozessmesstechnik.</li> <li>• Die Studierenden können Messaufgaben, die Durchführung und Auswertung von Messungen beschreiben.</li> </ul> <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Messergebnissen und der zugrundeliegenden Verfahren angemessen kommunizieren und interpretieren.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden verstehen die operative Herangehensweise an Aufgaben der messtechnischen Erfassung von nicht-geometrischen Prozessgrößen.</li> </ul> <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können Messaufgaben in den genannten Bereichen analysieren und beurteilen.</li> <li>Die Studierenden können Messergebnissen aus dem Bereich Prozessmesstechnik bewerten.</li> <li>Die Studierenden können geeignete Verfahren im Bereich Prozess- und Temperaturmesstechnik eigenständig auswählen.</li> </ul> <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Erlernte auf unbekannte, aber ähnliche Messaufgaben übertragen.</li> </ul> </li> </ul>
7	<b>Prerequisites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Besuch der Grundlagen-Vorlesungen  Grundlagen der Messtechnik  (GMT) wird empfohlen.</li> </ul>
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!
9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes)
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	only in winter semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoffmann, Jörg: Handbuch der Messtechnik. 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, 2012 ISBN 978-3-446-42736-5</li> <li>Bernhard, Frank: Technische Temperaturmessung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2004 ISBN 3-540-62672-7</li> <li>Freudenberger, Adalbert: Prozeßmeßtechnik. Vogel Buchverlag, 2000 ISBN 978-3802317538</li> <li>Kohlrausch, Friedrich: Praktische Physik : zum Gebrauch für Unterricht, Forschung und Technik. Band 1-3, 24. Auflage, Teubner Verlag, 1996 ISBN 3-519-23001-1, 3-519-23002-X, 3-519-23000-3</li> <li>DIN e.V. (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2010</li> </ul> <p>*Internetlinks für weitere Information zum Thema Messtechnik*</p>



- [Video des VDI: Messtechnik - Unsichtbare Präzision überall!][http://youtu.be/tQgvr\\_Y3GI0](http://youtu.be/tQgvr_Y3GI0)

1	<b>Module name</b> 95940	<b>Qualitätsmanagement I - Qualitätstechniken für die Produktentstehung</b> Quality management I - Quality engineering in the product development process	<b>2,5 ECTS</b>
2	Courses / lectures	Vorlesung: Qualitätstechniken - QTeK - vhb (2 SWS)	-
3	Lecturers		

4	<b>Module coordinator</b>	Prof. Dr.-Ing. Tino Hausotte	
5	<b>Contents</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung und Begriffe</li> <li>• Grundwerkzeuge des Qualitätsmanagements</li> <li>• Erweiterte Werkzeuge des Qualitätsmanagements</li> <li>• Qualitätsmanagement in der Produktplanung (QFD)</li> <li>• Qualitätsmanagement in der Entwicklung und Konstruktion (DR, FTA, ETA, FMEA)</li> <li>• Versuchsmethodik</li> <li>• Maschinen- und Prozessfähigkeit, Qualitätsregelkarten</li> <li>• Zuverlässigkeitstechniken</li> <li>• Qualitätsmanagementsystem - Aufbau und Einführung</li> <li>•  Grundwerkzeuge des QM (Einsendeaufgabe) </li> <li>•  QFD und FMEA (Einsendeaufgabe) </li> <li>•  Versuchsmethodik (Einsendeaufgabe) </li> <li>•  SPC (Einsendeaufgabe) </li> </ul>	
6	<b>Learning objectives and skills</b>	<p>Nach dem Besuch der Veranstaltung sind die Teilnehmenden in der Lage,</p> <p>Wissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ die Werkzeuge, Techniken und Methoden des Qualitätsmanagements entlang des Produktlebenszyklus darzustellen</li> <li>◦ die Zuverlässigkeit von Systemen zu beschreiben</li> <li>◦ den Aufbau und die Einführung von Qualitätsmanagementsystemen darzustellen</li> <li>◦ die grundlegenden Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeuge auf ein anderes Problem zu übertragen</li> <li>◦ Prozesse mit Hilfe der statistischen Prozesslenkung (SPC), Qualitätsregelkarten und Prozessfähigkeitsindizes zu beschreiben</li> <li>◦ mit Hilfe der Qualitätsmethoden, -techniken und -werkzeugen Probleme zu analysieren</li> <li>◦ statistische Versuchspläne auf praktische Probleme zu übertragen und aus den Ergebnissen die Zusammenhänge und Einflüsse der Faktoren zu interpretieren</li> <li>◦ statistische Auswertungen zu interpretieren und neue Probleme auf statistische Auffälligkeiten zu testen</li> </ul> </li> </ul>	
7	<b>Prerequisites</b>	None	
8	<b>Integration in curriculum</b>	no Integration in curriculum available!	

9	<b>Module compatibility</b>	Wahlpflichtmodule Qualitätsmanagement und Messtechnik für Nebenfach Informatik Master of Science Artificial Intelligence 20211
10	<b>Method of examination</b>	Written examination (60 minutes) Klausur mit MultipleChoice, Dauer (in Minuten): 60
11	<b>Grading procedure</b>	Written examination (100%)
12	<b>Module frequency</b>	every semester
13	<b>Workload in clock hours</b>	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	<b>Module duration</b>	1 semester
15	<b>Teaching and examination language</b>	german
16	<b>Bibliography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ DIN (Hrsg.): Internationales Wörterbuch der Metrologie, Beuth-Verlag, Berlin 1994</li> <li>◦ Masing, W.: Handbuch Qualitätsmanagement, Carl Hanser Verlag, München 2007</li> </ul> </li> </ul>