

Module description

for the degree programme

Master of Science Information
and Communication Technology
(Prüfungsordnungsversion: 20191)

Table of contents

Compulsory modules.....	
Hardware-software-co-design.....	8
Compulsory elective module.....	
Analogue electronic systems.....	11
Architectures for digital signal processing.....	13
Digitale elektronische Systeme.....	15
Design of integrated circuits II/technology of integrated circuits.....	16
Design of mixed-signal circuits.....	18
VHDL Hardware description language.....	20
Information theory and coding.....	22
Integrierte Navigationssysteme.....	27
Machine learning in signal processing.....	29
Medical electronics.....	31
Satellite communication.....	33
Speech and audio signal processing.....	38
Transceiver-Systementwurf.....	41
Compulsory elective module.....	
Operating systems (lectures with extend exercises).....	44
Operating systems (lecture with exercises).....	47
CPU Design with VHDL (CPU).....	50
CPU Design with VHDL (Focus on CPUs).....	52
CPU Design with VHDL (Focus on VHDL).....	53
Real-time systems 2 - dependable real-time systems.....	55
Real-time systems with extended exercises.....	58
Real-time systems.....	63
Foundations of compiler construction.....	68
Human computer interaction.....	77
Communication systems.....	80
Lecture and tutorial: Middleware - Cloud computing.....	82
Parallel systems with extended exercises.....	86
Programming and architecture of computer clusters.....	90
Computer architecture.....	91
Computer architecture.....	93
Reconfigurable computing.....	95
Reconfigurable computing (lecture with extended exercises).....	98
Simulation and modelling I.....	101
Swarm Intelligence.....	104
Compulsory modules.....	
Information theory and coding.....	107
Mobile communications.....	112
Quality of service in communication systems.....	114
Compulsory elective module.....	
Advanced communication networks.....	117
Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion.....	121
Image, video and multidimensional signal processing.....	123
Digitale Rundfunksysteme.....	127
Equalisation and adaptive systems for digital communications.....	128
Global navigation satellite systems.....	131
RF and digital architecture of radio systems.....	133
Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen.....	137

Channel coding.....	138
Communications electronics 1.....	142
Communication structures.....	146
Machine learning in communications.....	148
Machine learning in signal processing.....	149
Medical electronics.....	151
MIMO communication systems.....	153
Optical communication networks.....	155
Optical communication systems.....	158
Satellite communication.....	160
Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik.....	165
Statistical signal processing.....	167
Transmission and detection for advanced mobile communications.....	170
Compulsory elective module.....	
Advanced networking LEx.....	174
Approximate computing.....	177
Deep learning.....	179
Introduction to modern cryptography.....	181
Human computer interaction.....	182
Pattern recognition.....	185
Programming and architecture of computer clusters.....	188
Self-Organized Networks.....	189
Simulation and modelling I.....	191
Connected mobility and autonomous driving.....	194
Compulsory modules.....	
Pattern recognition.....	197
Statistical signal processing.....	200
Compulsory elective module.....	
Advanced communication networks.....	204
Auditory models.....	208
Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion.....	209
Image, video and multidimensional signal processing.....	211
Digitale elektronische Systeme.....	215
Information theory and coding.....	216
Integrierte Navigationssysteme.....	221
Channel coding.....	223
Machine learning in signal processing.....	227
Mobile communications.....	229
Music processing - synthesis.....	231
Signal analysis.....	233
Speech and audio signal processing.....	235
Speech enhancement (oral examination).....	238
Speech enhancement.....	240
Transforms in signal processing.....	242
Compulsory elective module.....	
Computer graphics.....	245
Diagnostic medical image processing.....	248
Quality of service in communication systems.....	250
eBusiness technologies and evolutionary information systems.....	252
Real-time systems 2 - dependable real-time systems.....	256
Real-time systems with extended exercises.....	259
Real-time systems.....	264
Hardware-software-co-design.....	269

Hardware-software-co-design (Lecture with extended exercises).....	272
Human computer interaction.....	276
Interventional medical image processing.....	279
Multimedia security.....	282
Pattern analysis.....	284
Scientific Visualization.....	287
Elective modules.....	
4G/5G mobile communications systems.....	290
Advanced networking LEx.....	292
Advanced programming techniques (lecture and exercises).....	295
AI-enabled Wireless Networks.....	297
Algorithms and data structures.....	300
Approximate computing.....	304
Audio Processing for the Internet of Things.....	306
Becoming an Innovative Engineer.....	308
Image, video and multidimensional signal processing.....	310
Body area communications.....	314
Channel coding on graphs.....	316
Cognitive Neuroscience for AI Developers.....	320
Communications systems design.....	322
Compressive Sensing.....	325
Computational Visual Perception.....	328
Computer vision.....	330
Convex optimization in communications and signal processing.....	332
CPU Design with VHDL (Focus on VHDL).....	333
Cryptocurrencies.....	335
Cyber-physical systems.....	336
Cyber-physical systems.....	338
Data Structure Engineering.....	340
Deep learning.....	341
Digital communications.....	343
Embedded systems.....	345
Entwurf von mobilen Sensorsystemen und Knoten.....	348
Vehicular networks.....	350
Fahrzeugkommunikation (Vorlesung mit Übung).....	352
Advanced forensic computing.....	355
Fundamentals of electrical energy supply.....	356
Hardware-software-co-design (Lecture with extended exercises).....	358
High end simulation in practice (lecture with exercise).....	362
Microwave technology.....	363
Human computer interaction.....	365
Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology.....	368
Introduction to machine learning.....	370
Knowledge discovery in databases.....	372
Communication in engineering sciences.....	374
Communications electronics 1.....	381
Communication networks.....	385
Communication structures.....	387
Communication structures.....	389
Komponenten optischer Kommunikationssysteme.....	391
Artificial intelligence I.....	393
Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools.....	396

Machine learning in communications.....	398
Mechatronic components and systems (MCS).....	399
Medical electronics.....	401
Lecture and advanced tutorial: Middleware - Cloud computing.....	403
MIMO communication systems.....	407
Modeling, optimization and simulation of energy systems.....	409
Molecular communications.....	410
Multiuser information and communications theory.....	411
Music processing analysis - Lecture and exercise.....	413
Music processing - Analysis.....	416
Numerical methods in thermal fluid mechanics II.....	420
Photonics 1.....	422
Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial).....	424
Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1.....	426
Query Processing on Modern Hardware.....	428
Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS).....	429
Random matrices in communications and signal processing.....	431
Computer communications.....	433
Control engineering A (Foundations).....	434
Scientific Visualization.....	436
Selected Topics of Deep Learning for Audio, Speech, and Music Processing.....	438
Self-Organized Networks.....	439
Seminar: Digital Pathology and Deep Learning.....	441
Speech and Language Processing.....	443
Design-for-Test.....	445
Verifikation digitaler Systeme.....	447
Lecture and tutorial: Virtual machines.....	449
Lecture, tutorial and laboratory: Virtual machines.....	451
Elective modules.....	
AI-enabled Wireless Networks.....	454
Audio Processing for the Internet of Things.....	457
Becoming an Innovative Engineer.....	459
Image, video and multidimensional signal processing.....	461
Body area communications.....	465
Communications systems design.....	467
Compressive Sensing.....	470
Computational Visual Perception.....	473
Data Science Survival Skills.....	475
Data Structure Engineering.....	477
Experimental physics for EECE I.....	478
Experimental physics for EECE II.....	480
Fahrzeugkommunikation (Vorlesung mit Übung).....	482
Fundamentals in Anatomy and Physiology for Engineers.....	485
Heterogeneous computing architectures online.....	486
Interpretation and Analysis of Neural and Muscle Signals (BioSignalIS).....	489
Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods.....	492
Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools.....	493
Mainframe programming.....	495
Mainframe programming II.....	497
Modeling, optimization and simulation of energy systems.....	499
Movement Neuroscience: Connections between Brain and Muscles in Humans.....	500
Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1.....	503
Query Processing on Modern Hardware.....	505

Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS).....	506
Scientific Visualization.....	508
Selected Topics of Deep Learning for Audio, Speech, and Music Processing.....	510
Self-Organized Networks.....	511
Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften.....	513
Placement or Research Project.....	
Audio processing laboratory.....	516
Laboratory: Digital ASIC design.....	518
Laborpraktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (PEMSY).....	521
Laboratory course: Mobile communication.....	524
Laboratory course: Systematic design with programmable logic devices (PLD).....	527
Laboratory architectures for digital signal processing.....	528
Lab course image and video processing on embedded platforms.....	529
Praktikum Communications Systems Design.....	532
Digital communications lab.....	535
Laboratory on microwave technology 2.....	540
Lab course machine learning in signal processing.....	542
Praktikum Mikroelektronik.....	544
Praktikum Photonik/Lasertechnik 1.....	546
Praktikum Photonik/Lasertechnik 2.....	548
Praktikum Test.....	550
Praktikum zu High-Performance Analog- und Umsetzer-Design.....	552
Software engineering in practice.....	553
Seminar.....	
Advanced seminar on medical electronics and systems for ambient assisted living	
AAL.....	555
Audio processing seminar.....	557
Hauptseminar Ausgewählte Kapitel der Informationstechnik	
(Kommunikationselektronik).....	559
Hauptseminar Ausgewählte Kapitel der Navigation und Identifikation.....	561
Hauptseminar Cognitive Science in Engineering.....	563
Hauptseminar Software Engineering.....	564
Seminar Advanced Algorithms in Medical Image Processing.....	565
Seminar on selected topics of multimedia communications and signal processing.....	566
Selected areas in communications.....	568
Seminar deep learning.....	571
Seminar Energieinformatik.....	572
Seminar communication systems (B.Sc.).....	573
Seminar communication systems (M.Sc.).....	574
Seminar machine learning and data analytics for industry 4.0.....	576
Seminar Meta Learning.....	578
Speech technologies for speech pathologies.....	579
Seminar Visual Computing.....	580
Systems- and networks-on-a-chip.....	582

Compulsory modules

1	Module name 43490	Hardware-software-co-design	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Vorlesung: Hardware-Software-Co-Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Muhammad Sabih Tobias Hahn Dr.-Ing. Stefan Wildermann Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren. Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation. 1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen. 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung) 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese) 5) Verifikation und Cosimulation 6) Tafelübungen
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen - Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet. Fachkompetenz - Verstehen - Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs. - Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme.

		Fachkompetenz - Anwenden Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung)“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung: - Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 - Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design

Compulsory elective module

1	Module name 96500	Analogue electronic systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Analoge elektronische Systeme (3 SWS) Übung: Übungen zu Analoge elektronische Systeme (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Torsten Reißland Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel Christof Pfannenmüller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Feldeffekttransistor • Verstärker, Leistungsverstärker • Nichtlinearität und Verzerrung • Filtertheorie • Realisierung von Filtern • Intrinsisches Rauschen (Konzepte) • Physikalische Rauschursachen • Rauschparameter • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen (PLLs)
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären • Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren • Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne • Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen • Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten • Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen • Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren • Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang • Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96010	Architectures for digital signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Architekturen der Digitalen Signalverarbeitung (2 SWS) Vorlesung: Architekturen der Digitalen Signalverarbeitung (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Torsten Reißland Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Inhalt: • Basis-Algorithmen der Signalverarbeitung (FFT, Fensterung, Digitale FIR- und IIR-Filter) • Nichtideale Effekte bei Digitalfiltern (Quantisierung der Filterkoeffizienten, Quantisierte Arithmetik) • CORDIC-Architekturen • Architekturen für Multiraten-systeme (Abtastratenumsetzer) • Architekturen digitaler Signalgeneratoren • Maßnahmen zur Leistungssteigerung (Pipelining) • Architekturen digitaler Signalprozessoren • Anwendungen Content: • Basic algorithms of signal processing (FFT, windowing, digital FIR and IIR-filters) • Non-idealities of digital filters (quantization of filter coefficients, fixed-point arithmetic) • CORDIC-architectures • Architectures of systems with multiple sampling rates (conversion between different sampling rates) • Digital signal generation • Measures of performance improvement (pipelining) • Architecture of digital signal processors • Applications
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erlangen Grundlagenkenntnisse der Signaltheorie und können zeit- und wertkontinuierliche sowie zeit- und wertdiskrete Signale im Zeit- und Frequenzbereich definieren und erklären Die Studierenden sind in der Lage, ein klassisches Echtzeitsystem zur digitalen Signalverarbeitung konzeptionieren und die Einzelkomponenten nach den Anforderungen zu dimensionieren Die Studierenden erlangen einen Überblick über Vor- und Nachteile analoger sowie digitaler Signalverarbeitung Die Studierenden verstehen die Theorie der Fourier-Transformation und sind in der Lage, die Vorteile der Fast-Fourier-Transformation in der digitalen Signalverarbeitung zu verstehen und anzuwenden

		Die Studierenden können digitale Filter dimensionieren und beurteilen ===Englisch=== Students • can obtain fundamentals of signal theory and can define as well time-continuous and value-continuous as time-discrete and value-discrete signals in time and frequency domain • can construct a realtime digital signal processing system and dimension its components according requirements • can review pros and cons of analogue versus digital signal processing • can apply fourier transformation and illustrate the advantages of fast fourier transformation in the context of digital signal processing • can dimension digital filters and evaluate their performance
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Analog-Digital-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Digital-Analog-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Programmierbare Logikschaltungen (PLD, FPGA): Grundlegende Konzepte, Kategorien, Hardwarearchitekturen • Digitale-Filter: Theorie, Eigenschaften, Entwicklung und Implementierung und IIR und FIR Filtern
6	Learning objectives and skills	• 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 • 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 • Die Studierenden können die Einflüsse von nichtidealen Bauelementen auf digitale elektronische Systeme analysieren • Die Studierenden verstehen die Funktion, die Eigenschaften, die Entwicklungsmethodik sowie die Implementierung von digitalen Filtern und könne diese erläutern
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96190	Design of integrated circuits II/technology of integrated circuits	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Entwurf Integrierter Schaltungen II (2 SWS) Vorlesung: Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (3 SWS) Übung: Übung zu Halbleitertechnologie I - Technologie integrierter Schaltungen (1 SWS)	- 5 ECTS -
3	Lecturers	Tobias Rumpel Florian Deeg Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze Jannik Schwarberg	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jörg Schulze	
5	Contents	In diesem Modul werden die wesentlichen Technologieschritte zur Herstellung elektronischer Halbleiterbauelemente und integrierter Schaltungen behandelt. 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.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Anwenden • beschreiben die Technologieschritte und notwendigen Prozessgeräte • erklären die physikalischen und chemischen Vorgänge bei der Herstellung von Integrierten Schaltungen Evaluiere (Beurteilen) • ermitteln en Einfluss von Prozessparametern und können Vorhersagen für Einzelprozesse ableiten	

		sind in der Lage, verschiedene Herstellungsschritte hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bzgl. der hergestellten Schichten, Strukturen oder Bauelemente zu beurteilen
7	Prerequisites	Kenntnisse aus dem Bereich Halbleiterbauelemente (Pflichtveranstaltung im Bachelorstudiengang EEI und Mechatronik)
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	S. M. Sze: VLSI - Technology, MacGraw-Hill, 1988 C. Y. Chang, S. M. Sze: ULSI - Technology, MacGraw-Hill, 1996 D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000 - Hong Xiao: Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, Prentice Hall, 2001

1	Module name 96200	Design of mixed-signal circuits	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Entwurf von Mixed-Signal-Schaltungen (2 SWS) Vorlesung: Entwurf von Mixed-Signal-Schaltungen (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Tobias Rumpel Florian Deeg Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler	

4	Module coordinator	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	Contents	Es werden Methoden zur Analyse und Synthese von Phänomenen behandelt, welche aus sogenannten Rückkopplungen in gemischt analog-digitalen Systemen entstehen. Es wird an Hand eines allgemeinen Transistormodells abstrahiert, und Beispiele aus der Integrierten Schaltungs- und Systemtechnik erarbeitet. • Modellierung aktiver Bauelemente • Grundsaltungen des allgemeinen Transistors • Abstraktion der Rückkopplung • Analyse der Stabilität im Frequenz- und Zeitbereich • Kompensationstechniken im Frequenzbereich • Grundsaltungen von Rückkopplungen • Harmonische Verzerrungen • Rauschen • Beispiele von Rückkopplungen
6	Learning objectives and skills	Analysieren • Die Studierenden können die verschiedenste Strukturen für analoge integrierte Schaltungen entwickeln, analysieren und bewerten. Erschaffen • Die Studierenden gewinnen einen Überblick über die wichtigsten Methoden und Verfahren für Analyse und Entwurf von analogen rückgekoppelten Schaltungen.
7	Prerequisites	Schaltungstechnik, Entwurf Integrierter Schaltungen I, o.ä.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	G. Palumbo, S. Pennisi, Feedback Amplifiers, Theory and Design, Springer 2009

1	Module name 96750	VHDL Hardware description language	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Hardware-Beschreibungssprache VHDL (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Jürgen Frickel	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	Vorlesung mit integrierter Rechnerübung zur Syntax und zur Anwendung der Hardware-Beschreibungssprache VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) nach dem Sprachstandard IEEE 1076-1987 und 1076-1993, Anwendung von VHDL zum Entwurf von FPGAs in der Praxis. • Konzepte und Konstrukte der Sprache VHDL • Beschreibung auf Verhaltens- und Register-Transfer-Ebene • Simulation und Synthese auf der Gatterlogik-Ebene • Verwendung professioneller Software-Tools (Xilinx Vivado) • Vorlesung mit integrierten Rechner-Übungen (Labs) • Kursmaterial ist englisch-sprachig, die Vorlesungssprache deutsch Zielgruppe sind Hörer aller Fachrichtungen, die sich mit dem Entwurf, Simulation und Synthese digitaler Systeme und Schaltungen beschäftigen wollen.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz • Wissen Die Studierenden können Begriffe und Definitionen einer Hardware-Beschreibungssprache (hier VHDL) darlegen. • Verstehen Die Studierenden verstehen den Zusammenhang bzw. die Transformation zwischen einer Hardware-Struktur und deren Abbildung in einer Hardware-Beschreibungssprache in beiden Richtungen. • Analysieren Die Studierenden klassifizieren ein gewünschtes Systemverhalten, strukturieren dieses in Teilmodule, und realisieren die Teilmodule bzw. das System in der Hardware-Beschreibungssprache. • Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden schätzen VHDL-Modelle bezüglich des quantitativen und qualitativen Hardware-Aufwandes ein, überprüfen diese gegen vorliegende Randbedingungen (constraints), und vergleichen sie mit alternativen Lösungen.

		Lern- bzw. Methodenkompetenz Die theoretischen Inhalte der Sprache können durch Einsatz eines Simulations- und Synthesewerkzeuges im praktischen Einsatz selbständig verifiziert und deren Verständnis vertieft werden. Sozialkompetenz Die Studierenden stärken ihre Fähigkeit, vorliegende Aufgabenstellungen in Gruppenarbeit gemeinsam zu lösen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich (60 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 93601	Information theory and coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Information Theory and Coding (1 SWS) Vorlesung: Information Theory and Coding (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Ali Bereyhi Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix 2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality 3. Inference: inverse probability, statistical inference 4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers 5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding 6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform 7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma 8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity 9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels 10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel 11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything 12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm 13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm 14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth

15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression

--

1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix

2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung

3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz

4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen

5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffman-codierung

6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation

7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma

8. Kommunikation über gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität

9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanäle

10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals

11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist

12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus

13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus

14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang

		15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression
6	Learning objectives and skills	The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life. The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding. For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity. They calculate these quantities for memoryless sources and channels. The students proof both the source coding and the channel coding theorem. The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity. The students apply source compression methods to measure mutual information. The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables. The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance. They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing. The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everyday's life. The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution. The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression. -- Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an. Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung.

		Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität. Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle. Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem. Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate. Die Studierenden verwenden Quellencodierverfahren zur Messung von Transinformation. Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher. Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz. Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch. Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an. Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguläre Knotenordnungsverteilungen. Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression in den Frequenzbereich.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch

16	Bibliography	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

1	Module name 96101	Integrierte Navigationssysteme	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung Integrierte Navigationssysteme (1 SWS) Vorlesung: Integrierte Navigationssysteme (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Jörn Thielecke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Jörn Thielecke	
5	Contents	1. Überblick • Von der Astronavigation zur Navigation mit Mikroelektronik • Messprinzipien & Positionsberechnung (Standlinien/-flächen) • Begriffsdefinitionen (s. US Federal Radionavigation Plan), Genauigkeit, Verfügbarkeit, Verlässlichkeit, Integrität, etc. • Systematische Strukturierung des Gebiets: siehe 2. bis 7. 2. Positions- und Lagebestimmung • Funkausbreitung und Funkortung (Beispiel WLAN) • Fingerabdruckverfahren • Lokalisierung mit Markovketten 3. Koppelnavigation (Tracking) mittels Trägheitsnavigation • Koordinatensysteme und ihre Einsatzgebiete • Mathematische Grundlagen, z.B. Quaternionen, Corioliseffekt • Strapdown Inertial Navigation Systems • Sensorprinzipien und Trägheitssensoren • Computergestützte Lösung der Navigationsgleichungen • System- und Fehlermodellierung im Zustandsraum • Das Kalmanfilter und Glättung mittels Retrodktion 4. Seiteninformationen: Kinematik und Karten (kurze Übersicht) 5. Landmarken als lokaler Ortsbezug • Merkmalsbasierte Ortung z.B. mit Kamera oder UWB • Partikelfilter und Monte-Carlo-Integration 6. Integration von Navigationskomponenten: Sensordatenfusion • Fusionsarchitekturen: Beispiel GPS & Trägheitsnavigation 7. Einbettung von Navigationssystemen • Assisted GPS oder Location Based Service Anmerkung: Die Navigationsmethoden werden gleichermaßen anhand von Tafel- und Rechnerübungen (MATLAB) einstudiert	
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, typische Navigationsverfahren hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Einsetzbarkeit zu analysieren, zu bewerten und weiterzuentwickeln.	

		2. Die Studierenden lernen Navigationsgleichungen selbst aufzustellen, anzuwenden und mit unterschiedlichen Algorithmen auf dem Computer zu lösen. 3. Die Studierenden entwickeln ein Verständnis für die Herausforderungen bei der Integration unterschiedlicher Teilsysteme zu einem Navigationssystem und der Einbettung von Navigationssystemen in übergeordnete Systeme
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, geeignet für Masterstudium, grundlegende Kenntnisse erforderlich in: linearer Algebra, Physik, Signal- & System-theorie, Wahrscheinlichkeitstheorie.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (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	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Lehrveranstaltung.

1	Module name 48440	Machine learning in signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Supplements for Machine Learning in Signal Processing (1 SWS) Vorlesung: Machine Learning in Signal Processing (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Kamal Gopikrishnan Nambiar Prof. Dr. Vasileios Belagiannis	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler
5	Contents	This course is an introduction into machine learning and artificial intelligence. The special emphasis is on applications to modern signal processing problems. The course is focused on design principles of machine learning algorithms. The lectures start with a short introduction, where the nomenclature is defined. After this, probabilistic graphical models are introduced and the use of latent variables is discussed, concluding with a discussion of hidden Markov models and Markov fields. The second part of the course is about deep learning and covers the use of deep neural networks for machine learning tasks. In the last part of the lecture, the use of deep neural networks for speech processing tasks is introduced. The course is based on the materials and video footage from Dr. Roland Maas. He is an outstanding machine learning expert and a former member of the Chair of Multimedia Communications and Signal Processing.
6	Learning objectives and skills	After attending the lecture, students will be able to • understand regression and classification problems • apply PDF estimation algorithms • understand Gaussian mixture models and expectation-maximization • apply principal component analysis and independent component analysis • assess different estimation algorithms • explain the application of machine learning to system identification • apply hidden Markov models • understand different artificial neural network architectures • explain deep learning principles • apply artificial neural networks • devise learning strategies for deep neural networks • assess the application of deep neural networks for speech processing tasks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich/mündlich
11	Grading procedure	schriftlich/mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature: • C. M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, http://www.research.microsoft.com/en-us/um/people/cmbishop/PRML • S. Theodoridis and K. Koutroumbas: Pattern Recognition • M. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning.

1	Module name 96030	Medical electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Medizinelektronik - Übung / Medical Electronics Exercises (2 SWS) Vorlesung: Medizinelektronik - Medical Electronics (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Kurin Dr. Jens Kirchner	

4	Module coordinator	Dr. Jens Kirchner
5	Contents	The Lecture and exercise deals with the following topics: • Electronics for medical diagnostics and therapy • Challenges for medical engineering from demographic development and epidemiology of common diseases • Concepts for chronic disease management and elderly care • Regulatory framework of circuit design for medical devices • Circuit design of standard medical equipment ECG, EEG, EMG, SpO2 • Sensor principles and circuit design for biosignal acquisition • Analog-digital balance • Energy management for medical devices • Body near energy harvesting • Health data transmission • Electronic systems for ambient assisted living (AAL) • Circuit technology for lab-on-chip and microelectromechanical systems (MEMS) • Circuit technology for implants and wearable systems
6	Learning objectives and skills	Students will gain • Substantial knowledge on principles of circuit design for medical electronic devices • Substantial knowledge on circuit design for standard medical devices, e.g. ECG, EEG, EMG • Substantial knowledge on design of medical sensors • Substantial knowledge on system design for health assistance systems, wearable medical devices and implants • Ability to analyze circuit diagrams of medical electronic devices • Ability to separate medical electronic devices into their subfunctions • Ability to analyze energy budget of medical devices, particularly wearable systems • Basic ability to design electronic circuits to comply with regulatory requirements
7	Prerequisites	Completion of the modules "Circuit design" ("Schaltungstechnik") or "Electronics and circuit design" ("Elektronik und Schaltungstechnik") is recommended before attending the course.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222

10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43460	Satellite communication	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung Satellitenkommunikation (2 SWS) Vorlesung: Satellitenkommunikation (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Marcelo Michael Dr. Christian Rohde	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	Contents	Nach einem historischen Rückblick zur Entwicklung der Satellitenkommunikation werden die einzelnen Komponenten eines typischen Gesamtsystems (Boden- und Raumsegment) näher betrachtet. Hierzu zählt der prinzipielle Aufbau von Trägerraketen, von Satelliten (Satellitenplattformen, Subsysteme, Nutzlasten), die meist genutzten Umlaufbahnen und die verschiedenen Kommunikationsverbindungen (Uplink, Downlink, Inter-Satellite-Link). Die Besonderheiten der Signalausbreitung und -übertragung über große Entfernungen zwischen Bodenstationen und Satelliten werden erklärt und mit Beispielen ergänzt. Dabei wird insbesondere eingegangen auf verwendete Frequenzen, Signaldispersion und -dämpfung, atmosphärische Effekte sowie Störeinflüsse der Weltraumumgebung. Die Architektur transparenter und regenerativer Kommunikationseinheiten wird ausführlich an Beispielen kommerziell verfügbarer Transponder und Onboard-Prozessoren erklärt. Die Prinzipien moderner, standardisierter Verfahren zur Signalaufbereitung und Übertragung von Video-/Bild und Audiosignalen über Satellit (z.B. MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X) werden erläutert und diskutiert. Dies umfasst Verfahren zur Quellencodierung, Kanalcodierung und Modulation, Kanalzugriff und -diversität. Außerdem wird auf die im Orbit und im kommerziellen Einsatz befindlichen Kommunikationssatelliten und der damit verbundenen großen Dienstvielfalt eingegangen wie z.B. bei TV- und Breitbandversorgung sowie in Mobilkommunikationssystemen. Abschließend werden einige Herausforderungen und Forschungsansätze im Zusammenhang mit den neuen Megakonstellationen und Next Generation High Throughput Satellites (HTS) für zukünftige Satellitensysteme vorgestellt. Die in der Vorlesung behandelten physikalischen, elektro- und nachrichtentechnischen Zusammenhänge werden in den ergänzenden Übungen mit Rechenbeispielen vertieft. Gliederung der Vorlesung: 1. Einführung:

Überblick über die Hauptkomponenten, Satelliten, Anwendungen und Dienste, sowie Orbits, Aufgaben und Frequenzen der Satellitennetzwerke

2. Historie der Satellitenkommunikation:

Wichtige Meilensteine, Entwicklung in Europa und Deutschland

3. Orbits und Konstellationen:

Keplersche Gesetze, Beschreibung von Orbits, verwendete Umlaufbahnen, Bodenspuren, erreichbare Abdeckung

4. Trägersysteme:

Trägerraketen, Entwicklung, Anbietermarkt, Nutzlastfähigkeit, Startplätze, Startverlauf

5. Satellitenaufbau:

Auswahl aktueller Satellitenplattformen, Satellitenaufbau, Plattformkomponenten, Montageschritte und Tests

6. Satellitennutzlast (Payload):

Komponenten, Industrielle Beispiele, Aufbau und Aufgaben der Payload, Transponderarchitekturen, Antennen

7. Signalausbreitung und Leistungsbilanz:

Signalausbreitung, Freiraumverluste, Signaldämpfung, Rauschen, Signal-Rausch-Verhältnis, Linkbudget

8. Weltraumumgebung: Weltraumumgebungsbedingungen, Einflüsse auf den Satelliten und die Elektronik der Nutzlast

9. Quellencodierung:

Audio-, Bild- und Videokompression des Content des Satellitenfernsehens

10. Signalmodulation und Kanalcodierung:

Signalkonstellationen, Modulation und Codes zur Fehlerkorrektur

11. Diversitäts- und Zugriffsverfahren:

Medium Access, Duplextechniken, Multiplexmethoden, Diversitätstechniken

12. Moderne Satellitenkommunikationssysteme:

Rundfunksysteme wie Sirius XM Satellite Radio, zellulare Internetversorgung mittels Satellitenkommunikation

13. Neueste Themen aus Forschung und Entwicklung

SatKom auf StudOn: <http://www.studon.uni-erlangen.de/crs117969.html>

After a historical retrospective about the developments in satellite communication, the core components of a typical satellite system (ground- and space-segment) are introduced. The principles and architectures of rockets/ carriers, satellites (platform, subsystems, payload), used orbits, and the various communication links (uplink, downlink, inter-satellite-link) are shown. The special features and properties of signal transmission over such large distances are explained and stuffed with examples. In particular, more details are provided on the used frequencies, signal dispersion and attenuation, atmospheric effects as well as impairments due to space environment.

The architecture of transparent and regenerative communication payloads are described in detail, accompanied by corresponding examples of commercially used transponders and onboard-processors and their technology.

The principles of modern standardized methods for signal transmission and preparation of video-/image- and audio-signals via satellite, e.g., MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X, are illustrated and discussed. This includes methods for efficient source coding, channel coding and modulation, channel access and diversity schemes.

Furthermore, the currently available communication satellites in orbit and the related variety of commercial services are introduced like, e.g., TV- and broadband services as well as mobile communication services and systems. Based on that, a few challenges and perspectives for research and development for future satellite systems are highlighted with respect to the upcoming new mega constellations and next generation high throughput satellites (HTS).

		The physical, electro-technical and communications concepts and schemes shown in the lectures are complemented by tutorials with sample calculations. Table of contents: 1. Introduction: Overview of main components, satellites, applications and services, orbits, tasks, frequencies, satellite networks 2. History of satellite communications: Major milestones, development in Europe and Germany 3. Orbits and constellations: Kepler's laws, description of orbits, orbits used, ground tracks, achievable coverage 4. Launcher systems: Launch vehicles, providers, payload capabilities, launch sites, launch history 5. Satellite structure: Selection of current satellite platforms, satellite structure, platform components, assembly steps and tests 6. Payload: Components, structure and tasks of payload, transponder architecture, antennas 7. Signal propagation and link budget: Signal propagation, free space losses, signal attenuation, noise, signal to noise ratio, link budget 8. Space environment: Space environmental conditions, influences on the satellites and payload electronics 9. Source coding: Audio, image and video compression - the satellite TV broadcasting content 10. Signal modulation and channel coding: Signal constellations, modulation and error correction coding 11. Diversity and access schemes: Medium access, duplex methods, multiplex methods, diversity techniques 12. Modern satellite communications systems: Broadcasting systems like Sirius XM Satellite Radio, satellite cellular broadband communication 13. Latest topics in research and development
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden bekommen einen guten Überblick über alle Aspekte der Satellitenkommunikation inklusive Historie.

		• Die Studierenden lernen die weltweit führenden oder in Europa ansässigen Firmen und Organisationen kennen, die in den Bereichen Satellitenbau und -betrieb, Satellitendienste bzw. -anwendungen, sowie Forschung und Entwicklung tätig sind. • Die Studierenden können die Herausforderungen der Weltraumumgebung sowie Vor- und Nachteile verschiedener Orbits einschätzen und wichtige Kenngröße berechnen • Die Studierenden lernen die Signalverarbeitungsschritte im Sender, Satelliten und Empfänger kennen - von der Audio/Video-Quelle über Link-Budget-Berechnungen bis zur Datensinke. • Die Studierenden lernen den Aufbau und wichtige Kenngrößen von Satelliten, Konstellationen und Launchern kennen und dabei verwendete Konzepte zu unterscheiden und zu klassifizieren bzgl. deren Vor- und Nachteilen.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich (91 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Lehrveranstaltung

1	Module name 96460	Speech and audio signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Sprach- und Audiosignalverarbeitung (1 SWS) Vorlesung: Sprach- und Audiosignalverarbeitung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Mhd Modar Halimeh Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	Contents	It concentrates on algorithms for speech and audio signal processing with applications in telecommunications and multimedia, especially • physiology and models for human speech production and hearing: source-filter model, filterbank model of the cochlea, masking effects, • representation of speech and audio signals: estimation and representation of short-term and long-term statistics in the time and frequency domain as well as the cepstral domain; typical examples and visualizations • source coding for speech and audio signals: criteria, scalar and vector quantization, linear prediction, prediction of the pitch frequency; waveform coding, parametric coding, hybrid coding, codec standards (ITU, GSM, ISO-MPEG) • basic concepts of automatic speech recognition (ASR): feature extraction, dynamic time warping, Hidden Markov Models (HMMs) • basic concepts of speech synthesis: text-to-speech systems, model-based and data-driven synthesis, PSOLA synthesis system • signal enhancement for acquisition and reproduction: noise reduction, acoustic echo cancellation, dereverberation using single-channel and multichannel algorithms. Es werden Grundlagen und Algorithmen der Verarbeitung von Sprach- und Audiosignalen mit Anwendungen in Telekommunikation und Multimedia behandelt, insbesondere: • Physiologie und Modelle der Spracherzeugung und des Hörens: Quelle-Filter-Modell, Filterbank-Modell der Cochlea; Maskierungseffekte; • Darstellung von Sprach- und Audiosignalen: Schätzung und Darstellung der Kurzzeit- und Langzeitstatistik in Zeit-, Frequenz- und Cepstralbereich; typische Beispiele, Visualisierungen; • Quellencodierung für Sprache und Audiosignale: Kriterien; skalare und vektorielle Codierung; lineare Prädiktion; Pitchprädiktion; Wellenform-/Parameter-/Hybrid-Codierung; Standards (ITU, GSM, ISO-MPEG)

		• Spracherkennung: Merkmalsextraktion, Dynamic Time Warping, Hidden Markov Models • Grundprinzipien der Sprachsynthese: Text-to-Speech Systeme, modellbasierte und datenbasierte Synthese, PSOLA-Synthese • Signalverbesserung bei Signalaufnahme und wiedergabe: Geräuschbefreiung, Echokompensation, Enthüllung mittels ein- und mehrkanaliger Verfahren;
6	Learning objectives and skills	The students • understand basic physiological mechanisms of human speech production and hearing and can apply them for the analysis of speech and audio signals • apply basic methods for the estimation and representation of the short-term and long-term statistics of speech and audio signals and can analyze such signals by means of these methods • understand current methods for source coding of speech and audio signals and can analyze current coding standards • verstehen die Grundbausteine von Spracherkennungssystemen und können deren Funktion mittels Rechnersimulation analysieren • understand the basic principle of text-to-speech systems and can apply fundamental methods for speech synthesis • can apply basic algorithms for speech enhancement and understand their functionality for real-world data. Die Studierenden • verstehen die grundlegenden physiologischen Mechanismen der Spracherzeugung und des Hörens beim Menschen und können diese zur Analyse von Sprach- und Audiosignalen anwenden • wenden die grundlegenden Methoden zur Schätzung und Darstellung der Kurzzeit- und Langzeitstatistik von Sprach- und Audiosignalen an und können diese damit analysieren • verstehen die aktuellen Methoden zur Quellencodierung von Sprache- und Audiosignalen und können aktuelle Codierstandards analysieren • verstehen die Grundbausteine von Spracherkennungssystemen und können deren Funktion mittels Rechnersimulation analysieren • verstehen die Grundprinzipien von Text-to-Speech Systemen und können elementare Algorithmen zur Sprachsynthese anwenden • können elementare Algorithmen zur Signalverbesserung anwenden und für reale Daten analysieren
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I & II
8	Integration in curriculum	Semester: 1

9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Gemäß themenbezogenen Angaben in der Lehrveranstaltung

1	Module name 96621	Transceiver-Systementwurf	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Transceiver-Systementwurf (2 SWS) Übung: Übung Transceiver-Systementwurf (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Jörn Thielecke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Jörn Thielecke
5	Contents	1. Einführung 2. Systemübersicht und Anforderungen • GPSGSM-WLAN • Vergleichende Zusammenfassung 3. Basisbandverarbeitung • Optimierung und Wechselwirkungen am Beispiel einer PLL • Anforderungsprofil bei GPS, GSM und WLAN 4. A/D- und D/A-Umsetzung • Dominierendes Nutzsignal bei GSM und WLAN • Dominierendes Rauschen bei GPS • Anforderungsübersicht 5. Frontend • Analyse und Charakterisierung von Störungen (Nichtlinearitäten, Rauschen, Dynamikbereich, I/Q-Balance, Phasenrauschen) • Systementwurf (Entwurfzyklus, Empfänger-Architekturen, Sender-Architekturen) 6. Ausblick
6	Learning objectives and skills	1. Anhand der Beispielsysteme GPS, GSM und WLAN sollen Studierende beurteilen lernen, wie das Wechselspiel zwischen Realisierungsaufwand und nachrichtentechnischer Systemanforderung ist. 2. Anhand von Beispielen sollen Studierenden die wesentlichen Entwurfsschritte bis hin zur Parametrisierung auf Blockschaltbildebene klar werden, wenn der Ausgangspunkt eine nachrichtentechnische Systembeschreibung ist. 3. Anhand von Architekturbeispielen sollen Studierende ein Verständnis für die Spielräume und Abwägungen beim Entwurf eines Endgerätes entwickeln.

7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse erforderlich aus: Signal- und Systemtheorie, Nachrichtentechnische Systeme, Stochastik. Erste mikroelektronische Kenntnisse helfen.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (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	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Vorlesung.

Compulsory elective module

1	Module name 820947	Operating systems (lectures with extend exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Betriebssysteme (2 SWS) Übung: Betriebssysteme - Rechnerübungen (0 SWS) Übung: Betriebssysteme - Erweiterte Übungen (4 SWS)	2,5 ECTS - 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Volkmar Sieh Bernhard Heinloth Dustin Nguyen Phillip Raffeck	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Volkmar Sieh
5	Contents	Inhalt des Moduls ist Vermittlung grundlegender Konzepte, Methoden und Techniken von Betriebssystemen aus dem Blickwinkel einer Betriebssystementwicklerin. Im Rahmen der Übungen entwickeln die Studierenden in einem "bottom-up" Entwurf- und Entwicklungsprozess ihr eigenes Mehrkernbetriebssystem für die IA-32 Plattform, ausgehend von der "nackten Hardware" über grundlegende Ein-Ausgabemöglichkeiten, Unterbrechungsbearbeitung bis hin zu quasi- und echtparalleler Programmausführung.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: - erläutern den Startvorgang eines Rechensystems am Beispiel eines x86/x86_64-PCs. - beschreiben die spezifischen Herausforderungen bei der Softwareentwicklung für "bare metal". - beschreiben den Ablauf einer Unterbrechungsbehandlung von der Hardware bis zur (System-)software. - skizzieren Besonderheiten und Strategien der Unterbrechungsbehandlung in Hardware für Mehrkernsystemen am Beispiel des IA32-APICs. - diskutieren die Aufgabenteilung zwischen Hardware und Systemsoftware bei der Unterbrechungsbearbeitung. - unterscheiden die verschiedenen Typen von Kontrollflüssen in einem Betriebssystem anhand des Ebenenmodells. - unterscheiden harte, mehrstufige, und weiche Verfahren zur Unterbrechungssynchronisation in Betriebssystemen und können diese für ein Mehrkernsystem implementieren. - klassifizieren konkrete Konkurrenzsituationen anhand des Ebenenmodells und leiten daraus geeignete Synchronisationsmaßnahmen ab.

- schildern die IA32-Architektur und gängige PC-Technologie und deren Schnittstellen zur Systemsoftware.
- erläutern grundlegende Bausteine für die Implementierung von Quasi-Parallelität (Fortsetzungen, Koroutinen, Fäden) und grenzen diese gegeneinander ab.
- erläutern die Interaktionen zwischen Hardware, Übersetzer und Systemsoftware, die dabei zu beachten sind.
- entwickeln den Koroutinenwechsel für einen gegebene Architektur.
- erläutern die Implikationen von Quasi-Parallelität auf das Ebenenmodell und die daraus abgeleiteten Synchronisationsmaßnahmen.
- beschreiben die Implementierung von (verdrängendem) Scheduling in einem Betriebssystem.
- analysieren das Zusammenspiel von Scheduling und Unterbrechungssynchronisation.
- nennen Kriterien und Dimensionen des Scheduling von Betriebsmitteln, insbesondere der CPU.
- erläutern die konkrete Umsetzung am Beispiel der Scheduler in Linux und Windows.
- unterscheiden grundlegende Möglichkeiten der Koordinierung und Synchronisation von Fäden (aktives/passives Warten, nichtverdrängbare kritische Abschnitte).
- entwickeln Mechanismen für die Synchronisation auf Fadenebene für Mehrkernsystemen.
- erklären die dabei zu beachtenden Synchronisationsprobleme (lost update, lost wakeup) und geeignete Gegenmaßnahmen.
- interpretieren die Bedeutung von Gerätetreibern in der Betriebssystempraxis.
- erläutern die Anforderungen an ein Treibermodell.
- vergleichen die Umsetzung von Treibermodellen in Windows und Linux.
- vergleichen grundlegende BS-Architekturen (Bibliothek, Monolith, Mikrokern, Exokern, Hypervisor) anhand fundamentaler Charakteristika (Robustheit, Performanz, Portierbarkeit) und Mechanismen.

		- schildern die grundlegenden Paradigmen zur Interprozesskommunikation in Betriebssystemen (speicherbasiert vs. nachrichtenbasiert). - erläutern die grundlegenden Primitiven dieser Verfahren. - skizzieren, wie unter Anwendung dieser Primitiven höhere Synchronisationskonstrukte implementiert werden (Monitore, Leser-/Schreiber-Sperre). - illustrieren die Dualität der Paradigmen. - erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Compilerverhalten, Debuggen ohne dedizierte Hilfsmittel) und Fehlerquellen bei der hardwarenahen Softwareentwicklung für Mehrkernsysteme. - können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. - können die ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. - reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. - können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.
7	Prerequisites	• C/C++ (Übungsaufgaben werden in C++ implementiert) • Assembler (Grundkenntnisse)
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Avi Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne. Operating System Concepts. John Wiley & Sons. • Andrew S. Tanenbaum. Modern Operating Systems. Pearson. • William Stallings. Operating Systems: Internals and Design Principles. Prentice Hall. • Andrew S. Tanenbaum. Structured Computer Organization. Pearson.

1	Module name 150033	Operating systems (lecture with exercises)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Betriebssysteme (2 SWS) Übung: Betriebssysteme - Übungen (2 SWS) Übung: Betriebssysteme - Rechnerübungen (0 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Volkmar Sieh Bernhard Heinloth Dustin Nguyen Phillip Raffeck	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Volkmar Sieh
5	Contents	Inhalt des Moduls ist Vermittlung grundlegender Konzepte, Methoden und Techniken von Betriebssystemen aus dem Blickwinkel einer Betriebssystementwicklerin. Im Rahmen der Übungen entwickeln die Studierenden in einem "bottom-up" Entwurf- und Entwicklungsprozess ihr eigenes Einkernbetriebssystem für die IA-32 Plattform, ausgehend von der "nackten Hardware" über grundlegende Ein-Ausgabemöglichkeiten, Unterbrechungsbearbeitung bis hin zu quasiparalleler Programmausführung.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: - erläutern den Startvorgang eines Rechensystems am Beispiel eines x86/x86_64-PCs. - beschreiben die spezifischen Herausforderungen bei der Softwareentwicklung für "bare metal". - beschreiben den Ablauf einer Unterbrechungsbehandlung von der Hardware bis zur (System-)software. - skizzieren Besonderheiten und Strategien der Unterbrechungsbehandlung in Hardware für Mehrkernsystemen am Beispiel des IA32-APICs. - diskutieren die Aufgabenteilung zwischen Hardware und Systemsoftware bei der Unterbrechungsbearbeitung. - unterscheiden die verschiedenen Typen von Kontrollflüssen in einem Betriebssystem anhand des Ebenenmodells. - unterscheiden harte, mehrstufige, und weiche Verfahren zur Unterbrechungssynchronisation in Betriebssystemen und können diese implementieren. - klassifizieren konkrete Konkurrenzsituationen anhand des Ebenenmodells und leiten daraus geeignete Synchronisationsmaßnahmen ab.

- schildern die IA32-Architektur und gängige PC-Technologie und deren Schnittstellen zur Systemsoftware.
- erläutern grundlegende Bausteine für die Implementierung von Quasi-Parallelität (Fortsetzungen, Koroutinen, Fäden) und grenzen diese gegeneinander ab.
- erläutern die Interaktionen zwischen Hardware, Übersetzer und Systemsoftware, die dabei zu beachten sind.
- entwickeln den Koroutinenwechsel für einen gegebene Architektur.
- erläutern die Implikationen von Quasi-Parallelität auf das Ebenenmodell und die daraus abgeleiteten Synchronisationsmaßnahmen.
- beschreiben die Implementierung von (verdrängendem) Scheduling in einem Betriebssystem.
- analysieren das Zusammenspiel von Scheduling und Unterbrechungssynchronisation.
- nennen Kriterien und Dimensionen des Scheduling von Betriebsmitteln, insbesondere der CPU.
- erläutern die konkrete Umsetzung am Beispiel der Scheduler in Linux und Windows.
- unterscheiden grundlegende Möglichkeiten der Koordinierung und Synchronisation von Fäden (aktives/passives Warten, nichtverdrängbare kritische Abschnitte).
- entwickeln Mechanismen für die Synchronisation auf Fadenebene.
- erklären die dabei zu beachtenden Synchronisationsprobleme (lost update, lost wakeup) und geeignete Gegenmaßnahmen.
- interpretieren die Bedeutung von Gerätetreibern in der Betriebssystempraxis.
- erläutern die Anforderungen an ein Treibermodell.
- vergleichen die Umsetzung von Treibermodellen in Windows und Linux.
- vergleichen grundlegende BS-Architekturen (Bibliothek, Monolith, Mikrokern, Exokern, Hypervisor) anhand fundamentaler Charakteristika (Robustheit, Performanz, Portierbarkeit) und Mechanismen.

		- schildern die grundlegenden Paradigmen zur Interprozesskommunikation in Betriebssystemen (speicherbasiert vs. nachrichtenbasiert). - erläutern die grundlegenden Primitiven dieser Verfahren. - skizzieren, wie unter Anwendung dieser Primitiven höhere Synchronisationskonstrukte implementiert werden (Monitore, Leser-/Schreiber-Sperre). - illustrieren die Dualität der Paradigmen. - erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Compilerverhalten, Debuggen ohne dedizierte Hilfsmittel) und Fehlerquellen bei der hardwarenahen Softwareentwicklung. - können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. - können die ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. - reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. - können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.
7	Prerequisites	• C/C++ (Übungsaufgaben werden in C++ implementiert) • Assembler (Grundkenntnisse)
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Avi Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne. Operating System Concepts. John Wiley & Sons. • Andrew S. Tanenbaum. Modern Operating Systems. Pearson. • William Stallings. Operating Systems: Internals and Design Principles. Prentice Hall. • Andrew S. Tanenbaum. Structured Computer Organization. Pearson.

1	Module name 211243	CPU Design with VHDL (CPU)	7,5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung wird einen Einblick in die wichtigsten Strukturen eines Rechners und insbesondere die der CPU geben. Wie sind die Register, die ALU, die Caches usw. aufgebaut, wie sind sie miteinander verschaltet? Wie werden Pipelines gebildet? Um die Vorlesung verstehen und die Übungsaufgaben lösen zu können, werden VHDL-Kenntnisse benötigt. Diese werden in der Vorlesung vermittelt. Im ersten Teil der Vorlesung geht es darum, aus einfachen Und-, Oder- und Inverter-Gattern größere Strukturen aufzubauen. So werden beispielsweise die Register und die Komponenten der ALU (Addierer, Multiplizierer, Shifter usw.) nach und nach aufgebaut. Aus den Einzelteilen lassen sich dann wiederum die Registerbänke, die ALU, die Speichereinheit usw. zusammensetzen. Mit guten Rechenwerken allein ist eine CPU noch nicht wirklich schnell. Es müssen schnell genug Instruktionen gelesen und dekodiert sowie die Operanden geholt werden können. Nach dem schnellen Verarbeiten in den Rechenwerken müssen die Ergebnisse dann wiederum schnell in die Zielregister bzw. Ziel-Speicherzellen kopiert werden. Das wichtigste Verfahren, um hierbei Performance zu gewinnen, ist das Pipelining. Leider gibt es eine Reihe von Bedingungen, die erfüllt sein müssen, dass Pipelining wirklich gut funktioniert. So dürfen keine Daten-Abhängigkeiten im Code vorhanden sein, müssen Sprungziele rechtzeitig bekannt sein und dürfen bestimmte Ressourcen nicht mehrfach gleichzeitig genutzt werden. Mittels Forwarding, Sprungvorhersage und Caches können die Probleme gemildert werden. Mit den so gewonnenen Fähigkeiten sind dann auch Multi-Core- und Multi-Threading-Architekturen verständlich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden verstehen den inneren Aufbau moderner CPUs (Pipeline, Registerbänke, ALU, Caches, Memory-Management-Unit, Segmentierungseinheit, ...) und können selbst performante CPUs aus einfachen Basis-Schaltungen aufbauen.
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 169383	CPU Design with VHDL (Focus on CPUs)	5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 436348	CPU Design with VHDL (Focus on VHDL)	5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung wird einen Einblick in die wichtigsten Strukturen eines Rechners und insbesondere die der CPU geben. Wie sind die Register, die ALU, die Caches usw. aufgebaut, wie sind sie miteinander verschaltet? Wie werden Pipelines gebildet? Um die Vorlesung verstehen und die Übungsaufgaben lösen zu können, werden VHDL-Kenntnisse benötigt. Diese werden in der Vorlesung vermittelt. Im ersten Teil der Vorlesung geht es darum, aus einfachen Und-, Oder- und Inverter-Gattern größere Strukturen aufzubauen. So werden beispielsweise die Register und die Komponenten der ALU (Addierer, Multiplizierer, Shifter usw.) nach und nach aufgebaut. Aus den Einzelteilen lassen sich dann wiederum die Registerbänke, die ALU, die Speichereinheit usw. zusammensetzen. Mit guten Rechenwerken allein ist eine CPU noch nicht wirklich schnell. Es müssen schnell genug Instruktionen gelesen und dekodiert sowie die Operanden geholt werden können. Nach dem schnellen Verarbeiten in den Rechenwerken müssen die Ergebnisse dann wiederum schnell in die Zielregister bzw. Ziel-Speicherzellen kopiert werden. Das wichtigste Verfahren, um hierbei Performance zu gewinnen, ist das Pipelining. Leider gibt es eine Reihe von Bedingungen, die erfüllt sein müssen, dass Pipelining wirklich gut funktioniert. So dürfen keine Daten-Abhängigkeiten im Code vorhanden sein, müssen Sprungziele rechtzeitig bekannt sein und dürfen bestimmte Ressourcen nicht mehrfach gleichzeitig genutzt werden. Mittels Forwarding, Sprungvorhersage und Caches können die Probleme gemildert werden. Mit den so gewonnenen Fähigkeiten sind dann auch Multi-Core- und Multi-Threading-Architekturen verständlich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden verstehen den inneren Aufbau moderner CPUs (Pipeline, Registerbänke, ALU, Caches, Memory-Management-Unit, Segmentierungseinheit, ...) und können selbst performante CPUs aus einfachen Basis-Schaltungen aufbauen.
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 939179	Real-time systems 2 - dependable real-time systems	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Erweiterte Übungen (2 SWS) Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Rechnerübungen (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	Peter Wägemann Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder-Preikschat Tim Rheinfels Simon Schuster	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Viele Echtzeitsysteme sind in Bereiche des täglichen Lebens eingebettete, die hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit dieser Systeme stellen. Beispiele hierfür sind Fahrerassistenzsysteme in modernen Automobilen, medizinische Geräte, Prozessanlagen in Kernkraftwerken oder Chemiefabriken oder Flugzeuge. Fehlfunktionen in diesen Anwendungen ziehen mitunter katastrophale Konsequenzen nach sich - Menschen können ernsthaft verletzt oder sogar getötet werden, Landstriche können unbewohnbar gemacht oder zumindest großer finanzieller Schaden verursacht werden. Dieses Modul betrachtet Methoden und Werkzeuge, die uns helfen können, einerseits *zuverlässig Software zu entwickeln* (also Fehler im Programm zu entdecken und zu vermeiden), und andererseits *zuverlässige Software zu entwickeln* (also Abstraktionen, die auch im Fehlerfall ihre Gültigkeit behalten). Hierbei steht weniger die Vermittlung theoretischer Grundkenntnisse auf diesen Gebieten im Vordergrund, also vielmehr • die praktische Anwendung existierende Werkzeuge und Methoden • sowie die Erfahrung und das Verständnis ihrer Grenzen. Auf diese Weise soll ein Fundament für die konstruktive Umsetzung verlässlicher Echtzeitsysteme gelegt werden. Dieses Modul soll daher fundierte Anknüpfungspunkte für die Entwicklung verlässlicher Echtzeitsysteme vermitteln, die Ad-hoc-Techniken möglichst ersetzen sollen.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • nennen die Konzepte und die Taxonomie verlässlicher Systeme, unterscheiden Software- und Hardwarefehler und klassifizieren Fehler (Defekt, Fehler, Fehlverhalten). • stellen Fehlerbäume auf. • organisieren Softwareentwicklungsprojekte mittels der Versionsverwaltung git.

- vergleichen die verschiedenen Arten der Redundanz als Grundvoraussetzung für Fehlererkennung und -toleranz.
- entwickeln fehlertolerante Systeme mittels Replikation.
- diskutieren die Fehlerhypothese und die Sicherstellung von Replikdeterminismus.
- erläutern die Vor- und Nachteile softwarebasierter Replikation und den Einsatz von Diversität.
- wenden Informationsredundanz zur Härtung von Daten- und Kontrollflüssen an.
- bewerten die Effektivität der arithmetischer Codierung von Programmen und verallgemeinern diesen Ansatz auf die verschiedenen Implementierungsebenen (Maschinenprogramm zu Prozessinkarnation).
- interpretieren den Einfluss der Ausführungsplattform (Hardware, Betriebssystem) auf die Leistungsfähigkeit der Fehlererkennung.
- konzipieren eine fehlertolerante Ausführungsumgebung für ein softwarebasiertes TMR-System basierend auf ANBD-Codierung.
- nennen die Grundlagen der systematischen Fehlerinjektion.
- überprüfen die Wirksamkeit von Fehlertoleranzmechanismen mittels Fehlerinjektion auf der Befehlssatzebene.
- entwickeln Testfälle für die Fehlerinjektion mittels des fail** Werkzeugs.
- setzen Messergebnisse in Relation zu dem tatsächlichen Fehlerraum.
- beschreiben die Grundlagen der Fehlererholung (Vorwärts- bzw. Rückwärtskorrektur) und Reintegration fehlgeschlagener Knoten.
- vergleichen den Zustandstransfer am Beispiel der Running bzw. Recursive State Restoration.
- benennen Konzepte der Rückwärtskorrektur durch Entwurfsalternativen (Recovery Blocks).
- fassen die Grundlagen des dynamischen Testens zusammen.
- unterscheiden Black-Box und White-Box Testverfahren.
- konzipieren und implementieren Testfälle.
- überprüfen die Testüberdeckung anhand grundlegender Überdeckungskriterien (Anweisungs- bis Bedingungsüberdeckung).
- geben die Grundlagen der statischen Programmanalyse wieder.
- nennen die Funktionsweise von Hoare- WP-Kalkül.
- verifizieren eine Ampelsteuerung mittels des FramaC Werkzeugs zur statischen Analyse von C Programmen.
- beschreiben den Korrektheitsnachweis mittels abstrakter Interpretation und unterscheiden die konkrete von der abstrakten Programmsemantik.
- erläutern die Funktionsweise von Sammel- und Präfixsemantiken.

		• erstellen einen Korrektheitsbeweis für einen a-b-Filter mittels des Astrée Werkzeugs zur abstrakten Interpretation von C Programmen. • bewerten die Verlässlichkeit kommerzieller, sicherheitskritischer Systeme anhand von Fallstudien (Sizewell B, Airbus A320). • erschließen sich typische Probleme und Fehlerquellen bei der Programmierung von eingebetteten Systemen im Allgemeinen. • klassifizieren Fallstricke und Mehrdeutigkeiten in der Programmiersprache C99 im Besonderen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein. Weiterhin sind grundlegende Kenntnisse über Echtzeitsysteme, zum Beispiel durch den Besuch der Veranstaltung "Echtzeitsysteme", empfohlen. Eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang jedoch nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 179490	Real-time systems with extended exercises	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS) Vorlesung: Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS)	- - 5 ECTS
3	Lecturers	Peter Wägemann Simon Schuster	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus? In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt: • zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme • statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren • Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen • Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems. • bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart). • erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung. • klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem. • interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechnungssystem zu kontrollierenden Objekts.

- nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).
- unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).
- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben und konzipieren werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- Entwickeln und annotieren Flußrestriktionen für die statische WCET-Analyse.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).

- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.
- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.
- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).
- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleiche Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- entwickeln ein softwarebasiertes Oszilloskop und erstellen dessen zeitliche Analyse und Ablaufplanung.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.

		• ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph). • stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit). • beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse. • übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslösezeitpunkt/Termin, Phasenversatz). • konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos. • implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos. • gestalten einen Signal-Trigger für das entwickelte softwarebasierten Oszilloskops. • konzipieren explizite Synchronisation mittels Nachrichten in eCos. • wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an. • beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP). • nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen). • hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten. • bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung. • implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos. • analysieren Blockade für die Zugriffskontrolle in eCos. • erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht). • fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen. • erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich.

		Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. • Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000. • Wolfgang Schröder-Preikschat. System-programmierung. Vorlesungsfolien. 2006.

1	Module name 707303	Real-time systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS) Vorlesung: Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Übungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS)	- - 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Wägemann Simon Schuster Tim Rheinfels	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus? In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt: • zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme • statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren • Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen • Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems. • bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart). • erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung. • klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem. • interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechnungssystem zu kontrollierenden Objekts.

- nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).
- unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).
- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 Microcontroller an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).
- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.

- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.
- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).
- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleich Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.
- ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph).
- stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit).
- beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse.

		• übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslöszeitpunkt/Termin, Phasenversatz). • konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos. • implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos. • wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an. • beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP). • nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen). • hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten. • bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung. • implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos. • erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht). • fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen. • erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig

13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. • Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000. • Wolfgang Schröder-Preikschat. Softwaresysteme 1. Vorlesungsfolien. 2006.

1	Module name 44240	Foundations of compiler construction	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Grundlagen des Übersetzerbaus (2 SWS) Vorlesung: Grundlagen des Übersetzerbaus (2 SWS)	- 7,5 ECTS
3	Lecturers	Patrick Kreutzer Michel Schmid Florian Mayer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Philippsen
5	Contents	[Deutsch:] Auf den ersten Blick erscheint es wenig sinnvoll, sich mit Übersetzerbau zu beschäftigen. Andere Themen scheinen wesentlich näher an der direkten Anwendbarkeit in der industriellen Praxis. Der erste Blick täuscht: • Übersetzer gehören wohl zu den am gründlichsten studierten mittelgroßen sequentiellen Software-Systemen. Man kann viel aus den Erfahrungen lernen, die im Laufe der Jahre gesammelt wurden. • In den Übungen, die die Vorlesung begleiten, werden Sie selbst einen (kleinen) Übersetzer entwickeln. • Für viele Teilnehmer wird dieses Projekt das erste größere Software-Projekt sein. Viele der Algorithmen aus dem Grundstudium werden angewendet. • Bei jedem von Ihnen verwendeten Übersetzer gehen Sie in der Regel davon aus, dass richtiger Coder erzeugt wird. In der Vorlesung erfahren Sie, wie das geforderte hohe Maß an Korrektheit und Zuverlässigkeit erreicht wird. • Sie erlangen ein Verständnis für Konzepte von Programmiersprachen und verstehen, welcher Maschinen-Code aus Sprachkonstrukten gemacht wird. Mit diesem Wissen im Hinterkopf verbessern Sie Ihre Fähigkeit, gute und effiziente Programme zu schreiben. • Übersetzer werden nicht nur für Programmiersprachen benötigt. Spezielle Übersetzer braucht man in vielen Bereichen des täglichen Informatik-Lebens z.B. zur Textformatierung, für Programmtransformationen, für aspektorientiertes Programmieren, für die Verarbeitung von XML, ... • Es gehört zu einer Ingenieur-Ausbildung, in der Lage zu sein, diejenigen Werkzeuge selbst zu fertigen, die man verwendet. Für Informatiker gehört daher ein Verständnis vom Innenleben eines Übersetzers zum Rüstzeug. Fokus der Lehrveranstaltung:

Es werden Konzepte und Techniken der Übersetzerkonstruktion aus Sicht eines Übersetzerbauers und entlang der wesentlichen Arbeitsschritte eines Übersetzers (Frontend; Mittelschicht; Backend) vorgestellt. Übungen und Praxisaufgaben ergänzen die Vorlesung. Hier entwickeln die Studierenden auf der Basis eines vorgegebenen Programmrahmens einen eigenen Übersetzer für die Programmiersprache e2, die speziell für den Übersetzerbau-Vorlesungszyklus entworfen wurde.

Behandelte Themenfelder:

- Prinzipien der Übersetzung imperativer Programmiersprachen
- Struktur eines Übersetzers
- Symbolentschlüssler (Scanner) und Zerteiler (Parser)
- Abstrakter Syntaxbaum (AST)
- Besuchermuster
- AST-Transformationen, Entzuckerung
- Symboltabellen und Sichtbarkeitsbereiche
- Semantische Analyse: Namensanalyse, Typprüfung
- Übersetzung von arithmetischen Ausdrücken und Kontrollflusskonstrukten in registerbasierte oder stapelbasierte Zwischensprachen
- Übersetzung von Methoden und Methodenaufrufen; Methodenschachteln
- Übersetzung objektorientierter Sprachen mit Einfachvererbung, Schnittstellen und Mehrfachvererbung
- Methodenauswahl in Java (überladene und überschriebene Methoden)
- Code-Generierung nach Sethi-Ullmann, Graham-Glanville, per Baumtransformation sowie mit Hilfe dynamischer Programmierung
- Registerallokation mit lokalen Techniken und mit Graphfärbung
- Instruktionsanordnung mit "list scheduling"
- Debugger

Themen der Vorlesungseinheiten:

1. Einführung (Überblick, modulare Struktur von Übersetzern, Frontend, Mittelschicht, Backend), Bootstrapping)
2. Symbolentschlüssler (Lexer) und Zerteiler (Parser), (Token, Literale, Symboltabelle, Grammatikklassen (LK(k), LL(k), ...), konkreter Syntaxbaum, Shift-Reduce-Parser)

3. AST und semantische Analyse (abstrakter Syntaxbaum, Besuchermuster, Double Dispatch, Sichtbarkeitsbereiche, Definitionstabelle)
4. Typkonsistenz (Typsicherheit, Typsystem, Typüberprüfung, Typberechnung, Typkonvertierung, attributierte Grammatiken)
5. AST-Transformationen (Transformationsschablonen für Ausdrücke, Transformation innerer und generischer Klassen)
6. Transformation in Zwischensprache (registerbasiert versus stapelbasiert, Übersetzung von arithmetischen Ausdrücken, Zuweisungen, mehrdimensionalen Feldern, struct-Datentypen und Kontrollflussstrukturen (einschließlich Kurzschlussauswertung))
7. Methodenschachteln und Kellerrahmen (relative Adressen, call by value/reference/name, geschachtelte Funktionen, Funktionszeiger, Stack- und Framepointer, Funktionsaufruf, Prolog, Epilog)
8. Objektorientierte Sprachen I: Einfachvererbung (Symbol- und Typanalyse, Methodenauswahl mit Überschreiben und Überladen, virtuelle Methodenaufrufe, Klassendeskriptoren, dynamische Typprüfung und -wandlung)
9. Objektorientierte Sprachen II: Schnittstellen und Mehrfachvererbung (Interface v-Tables, dynamische Typprüfung und -wandlung mit Interfaces, Interfaces mit Default-Implementierung, Diamantenproblem)
10. Einfache Code-Erzeugung (Code-Selektion nach Sethi-Ullman, Register-Allokation, Instruktionsreihenfolge, optimale Code-Erzeugung für Ausdrucksbäume)
11. Fortgeschrittene Code-Erzeugung (Baumtransformation, Graham-Glanville, dynamisches Programmieren)
12. Registerallokation (Leistungsabschätzung, Lebendigkeitsintervalle, Kollisions- und Interferenzgraph, Spilling, Färbungsheuristiken, Aufteilung von Lebendigkeitsintervallen, 2nd Chance Bin Packing, Registerverschmelzung)
13. Parallelismus auf Instruktionsebene, Instruktionsreihenfolge, Debugger (Konflikte im Instruktionsfließband, List Scheduling, Delay-Slots, Sprungzielvorhersage, ptrace, Unterbrechungs- und Beobachtungspunkte, DWARF)

Meilensteine der Übungsbetriebs:

Im Rahmen der Übungen (siehe entsprechende Lehrveranstaltung) werden die in der Vorlesung vorgestellten Konzepte und Techniken zur Implementierung eines Übersetzers in die Praxis umgesetzt. Ziel der Übungen ist es, bis zum Ende des Semesters einen funktionsfähigen Übersetzer für die Beispiel-Programmiersprache e2 zu implementieren. Ein Rahmenprogramm ist gegeben, das in fünf Meilensteinen um selbstentwickelte Schlüsselkomponenten zu erweitern ist.

Folgende Meilensteine sind zu erreichen:

Meilenstein 1: Grammatik, AST-Konstruktion: Antlr-Produktionen, AST-Besucherschnittschelle, generischer AST-Besucher für return und Schleifen, AST-Besucher zur Visualisierung.

Meilenstein 2: Symbolanalyse, Symboltabelle, Standardfunktionen, AST-Besucher für die Symbolanalyse.

Meilenstein 3: Konstantenfaltung per AST-Transformation, Typanalyse mit bottom-up AST-Besuch, der implizite Typwandlungen bei Bedarf ergänzt.

Meilenstein 4: AST-Besucher zur Erzeugung der Zwischensprachrepräsentation, Übersetzung von arithmetischen Ausdrücken, return, Zuweisungen, logischen Ausdrücken, Bedingungen und Schleifen.

Meilenstein 5.0: Speicherzuteilung: Festlegung und Umsetzung der ABI Aufrufkonvention, Zuweisung von Speicheradressen zu Variablen; Kellerrahmenallokation; caller-save und callee-save Register.

Meilenstein 5.1: Code-Erzeugung: Implementierung der e2 Standardbibliothek; IR-Besucher zur Erzeugung von Assembly-Code.

Für die Meilensteine 1-3 soll der Übersetzer sowohl Integer- als auch Gleitkomma-Arithmetik unterstützen. Für die nachfolgenden Meilensteine reicht Integer-Arithmetik.

[English:]

The lecture teaches concepts and techniques of compiler construction from a compiler developer view, following the structure of the compiler frontend, middle end, and backend. Exercise sessions and practical assignments complement the lecture; the students implement their own compiler (based on a framework) for the e2 programming language, which is designed for this series of compiler construction lectures.

Content Summary

- Principles of compiling imperative programming languages
- Structure of a compiler
- Scanner and parser
- Abstract syntax trees (ASTs)
- Visitor design pattern
- AST transformations, desugaring
- Symbol tables and scopes
- Semantic analysis: name analysis, type checking
- Compilation of arithmetic expressions and control flow structures to register-based and stack-based intermediate languages
- Compilation of functions and function calls, activation records
- Compilation of object-oriented languages with single inheritance, interfaces, and multiple inheritance
- Method resolution in Java (overloaded and overridden methods)
- Code generation with Sethi-Ullmann algorithm, Graham-Glanville algorithm, tree transformations, and dynamic programming
- Register allocation with local techniques and graph coloring
- Instruction scheduling with the list scheduling technique
- Debuggers

Lecture Topics

- 1. Introduction: Class overview, modular structure of compilers (front-, middle-, and backend), compilation bootstrapping
- 2. Lexer and Parser: Tokens, literals, symbol table, grammar classes (LR(k), LL(k), ...), concrete syntax tree, shift-reduce parser
- 3. ASTs and semantic analysis: Abstract syntax tree, visitor pattern, double dispatch, scopes, definition table
- 4. Type consistency: Type safety, type system, type checks, type inference, type conversions, attributed grammars
- 5. AST transformations: Transformation patterns (arithmetics), transformation of nested and generic classes
- 6. Intermediate representations: Types of IRs, arithmetic operations, assignments, multidimensional array access, structs, control flow instructions, short-circuit evaluation
- 7. Activation record and stack frame: Relative addresses, call by value/reference/name, nested functions, function pointers, stack pointer and frame pointer, function calls: prolog and epilog
- 8. Object-oriented languages: single inheritance: Symbol and type analysis, method selection with method overloading and overriding, virtual method calls, class descriptors, dynamic type checks and casts

- 9. Object-oriented languages II: interfaces, multiple inheritance: Interface v-tables, dynamic type checks and casts with interfaces, interfaces with default implementations and state, diamond problem, virtual inheritance
- 10. Basic code generation: Code selection, register allocation, instruction order, basic blocks, optimal code generation for expression trees
- 11. Optimized code selection: Code selection as tree transformation, Graham-Glanville code generators, dynamic programming
- 12. Optimized register allocation: Performance approximations, liveness analysis, collision and interference graph, register spilling, coloring heuristics, optimistic extension, live range splitting, register coalescing, data structures
- 13. Instruction level parallelism, instruction order, debugger: Data, structural, and control conflicts in CPU pipelines, list scheduling, delay slots, branch predictions, superscalar and VLIW architectures, ptrace, break- and watch-points, DWARF

Assignment Milestones

For the assignments of this course, the students put the concepts and techniques presented in the lecture for implementing a compiler into practice. The goal of the assignments is to implement a functional compiler for the e2 programming language by the end of the semester. The e2 language is specifically designed for educational purposes; the students obtain a description of the language.

A framework for the implementation is provided to the students. The students implement the core components of the compiler in five milestones.

All milestones need to be fulfilled to pass the module; the last milestone contains two tasks. In particular, the milestones are:

- Milestone 1: Grammar definition and construction of the AST: ANTLR productions, AST visitor interface, and generic AST visitor for array accesses and return and loop statements; AST visitor for AST visualization.
- Milestone 2: Name analysis: symbol table; declaring standard functions; AST visitor for name analysis.
- Milestone 3: Constant folding and type analysis: AST transformations for constant folding; AST visitor for bottom-up type analysis, adding AST nodes for implicit casts;
- Milestone 4: AST translation to intermediate representation: AST visitor to generate IR; translation of arithmetic, return, and assign statements, logical expressions, conditions, loops.
- Milestone 5.0: Memory assignment: definition and implementation of the ABI calling convention; memory

		assignment of variables; stack frame allocation; caller-save and callee-save registers. • Milestone 5.1: Code generation: implementation of the e2 standard library; IR visitor to generate assembly code. For milestones one through three, the compiler needs to support both integer and floating-point arithmetic. For the last two milestones, only integer arithmetic is required.
6	Learning objectives and skills	[Deutsch:] Die Studierenden • nennen die typischen Aufgaben und Datenstrukturen eines Übersetzers • erläutern das Konzept des Bootstrapping • beschreiben Struktur und Arbeitsweise eines Abtasters (Scanner) und zeigen Grenzen und Problemfälle auf • wenden Grammatiken zur Konstruktion von Zerteilern (Parser) an • kennen die Komplexität eines Zerteilers für Java • beschreiben die wichtigsten Aufgaben der semantischen Analyse und wenden diese am Beispiel verschiedener Programmiersprachen (insbesondere Java) an • skizzieren typische AST-Transformationen am Beispiel des Java-Übersetzers • veranschaulichen die Grundzüge der Java-Kellermaschine und die zugehörige Transformation von Quell- zu Byte-Code • analysieren die Unterschiede zwischen Programmiersprachen hinsichtlich Felder und Verbund-Strukturen • erläutern die Verwendung von Stapel- und Kellerspeicher bei der Programmausführung • kennen verschiedene Maschineninstruktionssätze • optimieren die Registerverwendung vor der Generierung von Maschinencode • wenden das Verfahren von Graham & Glanville zur Erzeugung von Maschinencode an • erkennen Grenzen der Optimierung bei der Code-Generierung und analysieren alternative Strategien • beschreiben den Unterschied zwischen statischer und dynamischer Ablaufplanung • untersuchen Besonderheiten des Übersetzerbaus für objekt-orientierte Sprachen • ergänzen einen vorgegebenen Abtaster und abstrakten Syntaxbaum, um alle Sprachkonstrukte einer Beispielsprache zu unterstützen • implementieren Konstantenfaltung, den Aufbau der Symboltabelle und Typprüfung auf dem abstrakten Syntaxbaum • erzeugen Zwischencode aus dem abstrakten Syntaxbaum • bilden Kontrollstrukturen auf Sprünge ab

- veranschaulichen die Adressierung von (mehrdimensionalen) Feldern
- entwickeln Konventionen für Funktionsaufrufe und den Aufbau des Stacks
- berechnen Offsets fuer Variablen auf dem Stack.
- implementieren eine einfache Registervergabe.
- kennen Details verschiedener Prozessorarchitekturen
- generieren Maschinencode für mindestens eine Prozessorarchitektur
- implementieren eine Laufzeitbibliothek
- wenden Debugging für maschinennahen Code an

[English:]

Students who have successfully completed the module will have the ability to

- identify the components and data structures of a compiler
- explain the concept of bootstrapping
- describe the structure and operation of a lexer and show limitations and problem cases
- use grammars for the construction of parsers
- know the complexity of Java parsers
- describe the main tasks of semantic analysis and apply them to different programming languages (especially Java)
- outline typical AST transformations using the Java compiler as an example
- illustrate the basic features of the Java Virtual Machine (JVM) and the corresponding transformation from source to byte code
- analyze the differences between programming languages in terms of arrays and compound structures
- explain the use of stack memory in program execution
- know different machine instruction sets
- optimize register allocation before generating machine code
- apply the Graham-Glanville algorithm to generate machine code
- recognize limitations of optimization in code generation and to analyze alternative strategies
- describe the difference between static and dynamic scheduling
- examine features of compiler construction for object-oriented languages
- augment a given lexer and abstract syntax tree to support all language constructs in an example language
- implement constant folding, symbol table construction, and type checking on the abstract syntax tree
- generate intermediate code from the abstract syntax tree
- map control structures to jumps
- translate compound boolean expressions with shortcut evaluation

		• illustrate addressing of (multidimensional) arrays • design conventions for function calls and stack frame layout • calculate offsets for stack variables • implement a basic register allocation. • know details of different processor architectures • generate machine code for at least one processor architecture • implement a runtime library • apply debugging to machine code
7	Prerequisites	Participants of this lecture are expected to have profound skills in the following programming languages: • Java (assignments are implemented in Java) • Assembler
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 50 h Independent study: 175 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Modern Compiler Implementation in Java", A.W. Appel, Cambridge University Press, 1998 • Compilers - Principles, Techniques and Tools", A. Aho, R. Sethi, J. Ullmann, Addison-Wesley, 2006 • Modern Compiler Design", D. Grune, H. Bal, C. Jacobs, Langendoen, Wiley, 2002

1	Module name 645618	Human computer interaction	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Madeleine Flaucher Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher Wolfgang Mehringer Anastasiya Zakreuskaya
5	Contents	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. Die folgenden Themen werden im Modul behandelt: • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung 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: • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction • Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Learning objectives and skills	• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. Learning Objectives and Competences: • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43950	Communication systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationssysteme (2 SWS) Übung: Übungen zu Kommunikationssysteme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Alexander Brummer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Aus Rechnerkommunikation ist der grundlegende Aufbau von IP-basierten Netzen bekannt, Inhalt von Kommunikationssysteme sind weitere Netztechnologien wie Leitungsvermittlung (Telefonnetze, Sonet/ SDH/WDM) und Netze mit virtueller Leitungsvermittlung (ATM, MPLS) sowie Netzwerkvirtualisierung (SDN, NFV), Multimediakommunikation über paketvermittelte Netze (Streaming, RTP, SIP, Multicast), Dienstgüte in paketvermittelten Netzen (Integrated Services, RSVP, Differentiated Services, Active Queue Management, Policing, Scheduling), drahtlose und mobile Kommunikation (GSM, UMTS, LTE, 5G, Wimax, WLAN, Bluetooth, ZigBee u.a. Sensornetze). Auch Kommunikation in der Industrie wird behandelt. In der Übung werden praktische Aufgaben im Labor durchgeführt: ein Labor enthält mehrere IP-Router, Switches und Rechner, IP-Telefone und Telefonie-Software für VoIP, es werden verschiedene Konfigurationen eingestellt und getestet. Ein weiterer Übungsteil beschäftigt sich mit Mobilkommunikation. *Contents:* Based on the course computer communications the architecture of IP networks is known. Contents of this course will be additional networking technologies such as circuit switching (telephony, SONET/ SDH/WDM) and networks with virtual circuit switching (ATM, MPLS) as well as network virtualization (SDN, NFV), multimedia communications over packet switched networks (streaming, RTP, SIP, multicast), quality-of-service in packet switched networks (integrated services, RSVP, differentiated services, active queue management, policing, scheduling), wireless and mobile communications (GSM, UMTS, LTE, 5G, Wimax, WLAN, Bluetooth, sensor networks such as ZigBee). Industrial communication will also be a topic. In the tutorial practical tasks are performed in the laboratory: One laboratory contains several IP routers, switches and computers, IP phones and VoIP telephone software. Various configurations are set up and tested. Another part of the tutorial deals with mobile communications.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erlangen Kenntnisse über Technologien bei der Leitungs- und Paketvermittlung in leitungsgebundenen und drahtlosen/mobilen Netzen Kenntnisse über die Grundlagen von Dienstgütemechanismen in paketvermittelten Netzen

		praktische Erfahrung in der Konfiguration eines IP-Switch-Router-Netzes mit Multimedieverkehr Students obtain the following learning targets and competences Knowledge of technologies in circuit and packet switching in wired and wireless/mobile networks Knowledge of the foundations of quality of service mechanisms in packet switched networks Practical experience in configuring an IP switch router network with multimedia traffic
7	Prerequisites	Basic knowledge of working with the Linux command line interface (terminal).
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Kurose, Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach. 7th Ed., Pearson Education, 2017 W. Stallings. Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson Education, 2014 W. Stallings. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pearson Education, 2016 Cox. An Introduction to LTE. Wiley, 2012

1	Module name 557235	Lecture and tutorial: Middleware - Cloud computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Middleware - Cloud Computing (2 SWS) Übung: Middleware - Cloud Computing - Übungen (2 SWS) Übung: Middleware - Cloud Computing - Rechnerübungen (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Tobias Distler Laura Lawniczak	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Tobias Distler
5	Contents	• Überblick Cloud Computing • Grundlagen verteilter Programmierung (Web Services/SOAP/REST) • Virtualisierung als Basis für Cloud Computing • Infrastructure as a Service (IaaS) am Beispiel von Eucalyptus und Amazon EC2 • Skalierbare Verarbeitung von großen Datenmengen • Interoperabilität und Multi-Cloud Computing • Fehlertoleranz im Kontext von Cloud Computing • Aktuelle Forschungstrends
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: - nennen unterschiedliche Ausprägungen von Cloud-Computing. - erläutern verschiedene Cloud-Architekturen. - stellen Vor- und Nachteile von Cloud-Computing gegenüber. - unterscheiden die Herangehensweisen bei der Entwicklung von SOAP- im Vergleich zu REST-Anwendungen. - organisieren den Austausch von Informationen in einer verteilten Anwendung unter Verwendung eines Verzeichnisdienstes. - entwickeln eigene auf Web-Services basierende Anwendungen. - erläutern die Anforderungen an ein virtualisiertes System. - beschreiben die für die Virtualisierung eines Systems erforderlichen Kriterien. - vergleichen zwischen unterschiedlichen Virtualisierungstechniken und - ebenen. - schildern den Aufbau und die Funktionsweise von Xen und Linux- VServer.

- erproben das Einrichten eines Abbilds für eine virtuelle Maschine.
- skizzieren die Architektur einer Infrastruktur-Cloud sowie die Aufgabenbereiche hierfür zentraler Komponenten am Beispiel von Eucalyptus.
- erproben das Bereitstellen von Anwendungen in einer Infrastruktur-Cloud.
- zeigen die Grundlagen Software-definierter Netzwerke am Beispiel von Onix und B4 auf.
- 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.
- erläutern eine auf Vektoruhren basierende Methode zur Auflösung im Zusammenhang mit letztendlicher Konsistenz auftretender Konflikte.
- entwickeln ein verteiltes Dateisystem nach dem Vorbild von HDFS, das auf die Speicherung großer Datenmengen ausgelegt ist.
- erkunden das Bereitstellen selbst entwickelter Dienste mittels Docker.
- erstellen ein Framework zur parallelen Bearbeitung von Daten nach dem Vorbild von MapReduce.
- konzipieren eigene MapReduce-Anwendungen zur Verarbeitung strukturierter Rohdaten.
- diskutieren die Fehlertoleranzmechanismen in Google MapReduce.
- schildern die grundsätzliche Funktionsweise von Systemen zur Kühlung von Datenzentren mittels Umgebungsluft.
- beschreiben das Grundkonzept einer temperaturabhängigen Lastverteilung von Prozessen in einem Datenzentrum.
- stellen diverse Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz von MapReduce-Clustern gegenüber.
- unterscheiden die Architekturen und Funktionsweisen der Koordinierungsdienste Chubby und ZooKeeper.
- entwickeln einen eigenen Koordinierungsdienst nach dem Vorbild von ZooKeeper.

		- ermitteln die Konsistenzeigenschaften der eigenen Koordinierungsdienstimplementierung. - erläutern unterschiedliche Ansätze zur Reduzierung bzw. Tolerierung von Tail-Latenz. - skizzieren das Grundkonzept von Erasure-Codes. - beschreiben den Aufbau eines auf die Clouds mehrerer Anbieter gestützten Datenspeichersystems. - erläutern den Einsatz passiver Replikation zur Bereitstellung von Fehlertoleranzmechanismen für virtuelle Maschinen am Beispiel von Remus. - schildern die Grundlagen der Migration von virtuellen Maschinen. - bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur. - erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. - können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. - können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. - können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen. - reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.
7	Prerequisites	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio Erfolgreiche Bearbeitung aller während des Semesters gestellten Übungsaufgaben (6 Aufgaben, Bewertung jeweils mit "ausreichend") + 30-minütige mündliche Prüfung am Ende des Semesters. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 740665	Parallel systems with extended exercises	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Parallele Systeme (2 SWS) Übung: Übung zu Parallele Systeme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Parallele Systeme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich PD Dr.Ing. Frank Hannig Michael Witterauf Stefan Groth Marcel Brand	

4	Module coordinator	Joachim Falk PD Dr.Ing. Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	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). Im Einzelnen werden behandelt: 1) Theorie der Parallelität (parallele Computermodele, parallele Spezifikationsformen und -sprachen, Performanzmodelle und -berechnung) 2) Klassifikation paralleler und skalierbarer Rechnerarchitekturen (Multiprozessoren und Multicomputer, Vektorrechner, Datenflussmaschinen, VLSI-Rechenfelder) 3) Programmierbare System-on-Chip (SoC) und Mehrkern-Architekturen (Grafik-Prozessoren, Cell, etc.) 4) Programmierung paralleler Rechner (Sprachen und Modelle, Entwurfsmethoden und Compiler, Optimierung) 5) Massive Parallelität: Vom Algorithmus zur Schaltung 6) Praktische Übungen mit rechnergestützten Werkzeugen

		<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 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).</i> <i>In detail, the following topics are covered:</i> 1) Theory of parallelism (parallel models of computation, parallel specification and parallel languages, performance models) 2) Classification of parallel and scalable computer architectures (multi-processors and multi-computers, vector computers, data-flow machines, VLSI processor arrays) 3) Programmable System-on-Chip (SoC) and multi-core architectures (graphics processors, Cell, etc.) 4) Programming of parallel computers (languages and models, design methods and compiler, optimization) 5) Massive parallelism: From algorithm to circuit 6) Practical training with computer-aided design tools
6	Learning objectives and skills	Schwerpunkt der Vorlesung ist die Vermittlung von Grundlagen der parallelen Datenverarbeitung. <i>The focus of this lecture are foundations of parallel data processing.</i> Fachkompetenz - Verstehen - 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. Fachkompetenz - Anwenden - Die Studierenden setzen sich mit modernen eingebetteten parallelen Ein-Chip-Architekturen auseinander. The students

		get familiar with modern embedded parallel system-on-chip architectures. • 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. • 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. • 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.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Parallele Systeme“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio • Prüfung und erfolgreiche Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls). • 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. • 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.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Modulnote ergibt sich aus der Prüfungsleistung.
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	Weitere Informationen:

	https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/ parallele-systeme

1	Module name 399289	Programming and architecture of computer clusters	7,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 798810	Computer architecture	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Rechnerarchitektur (2 SWS) Übung: Übungen zu Rechnerarchitektur (2 SWS) Übung: Rechnerübungen zu Rechnerarchitektur (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Tobias Baumeister Sebastian Rachuj Christian Widerspick	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	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: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschrittenen Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	Learning objectives and skills	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 Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Martin: Rechnerarchitekturen

1	Module name 333815	Computer architecture	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Rechnerarchitektur (2 SWS) Übung: Übungen zu Rechnerarchitektur (2 SWS) Übung: Rechnerübungen zu Rechnerarchitektur (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey Tobias Baumeister Sebastian Rachuj Christian Widerspick	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	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: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschrittenen Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz

		Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können 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 Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterschiede gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Martini: Rechnerarchitekturen

1	Module name 43195	Reconfigurable computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Reconfigurable Computing (2 SWS) Übung: Exercises to Reconfigurable Computing (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Tobias Hahn Mauro Martin Letras Luna Pierre-Louis Sixdenier	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Content: Reconfigurable (adaptive) computing is a novel yet important research field investigating the capability of hardware to adapt to changing computational requirements such as emerging standards, late design changes, and even to changing processing requirements arising at run-time. Reconfigurable computing thus benefits from a) the programmability of software similar to the Von Neumann computer and b) the speed and efficiency of parallel hardware execution. The purpose of the course reconfigurable computing is to instruct students about the possibilities and rapidly growing interest in adaptive hardware and corresponding design techniques by providing them the necessary knowledge for understanding and designing reconfigurable hardware systems and studying applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration. After a general introduction about benefits and application ranges of reconfigurable (adaptive) computing in contrast to general-purpose and application-specific computing, the following topics will be covered: • Reconfigurable computing systems: Introduction of available technology including fine grained look up table (LUT-) based reconfigurable systems such as field programmable gate arrays (FPGA) as well as newest coarse grained architectures and technology. • Design and implementation: Algorithms and steps (design entry, functional simulation, logic synthesis, technology mapping, place and route, bit stream generation) to implement (map) algorithms to FPGAs. The main focus lies on logic synthesis algorithms for FPGAs, in particular LUT technology mapping. • Temporal partitioning: techniques to reconfigure systems over time. Covered are the problems of mapping large circuits which do not fit one single device. Several temporal partitioning techniques are studied and compared. • Temporal placement: Techniques and algorithms to exploit the possibility of partial and dynamic (run-time) hardware

		reconfiguration. Here, OS-like services are needed that optimize the allocation and scheduling of modules at run-time. • On-line communication: Modules dynamically placed at run-time on a given device need to communicate as well as transport data off-chip. State-of-the-art techniques are introduced how modules can communicate data at run-time including bus-oriented as well as network-on-a-chip (NoC) approaches. • Designing reconfigurable applications on Xilinx Virtex FPGAs: In this part, the generation of partial bitstreams for components to be placed at run-time on Xilinx FPGAs is introduced and discussed including newest available tool flows. • Applications: This section presents applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration. It covers the use of reconfigurable systems including rapid prototyping, reconfigurable supercomputers, reconfigurable massively parallel computers and studies important application domains such as distributed arithmetic, signal processing, network packet processing, control design, and cryptography.
6	Learning objectives and skills	Learning objectives and competencies: Domain-specific knowledge • The students know to exploit run-time reconfigurable design methodologies for adaptive applications. Domain-specific comprehension • The students understand the mapping steps and optimization algorithms. • The students classify different types and kinds of reconfigurable hardware technologies available today. • The students clarify pros and cons of reconfigurable computing technology. • The students summarize applications benefiting from reconfigurable computing. • The students describe the design of circuits and systems-on-a-chip (SoC) on FPGAs.
7	Prerequisites	Selection of this module prohibits the selection of the modules "Reconfigurable Computing (Lecture with Exercises)" or "Reconfigurable Computing (Lecture with Extended Exercises)" by the student.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten) Oral examination (Duration: 30 min).
11	Grading procedure	mündlich (100%) The oral examination determines the final grade of the module.

12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Further reading material: • The Hamburg VHDL Archive (see Documentation link for free books) http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/research/vlsi/vhdl/index.php • Interactive VHDL Tutorial with 150 examples from ALDEC http://www.aldec.com/downloads/ • Easy FPGA tutorials, projects, and boards http://www.fpga4fun.com • Xilinx WebPack ISE and Modelsim MXE (free FPGA synthesis tool and free VHDL simulator) http://www.xilinx.com/ise/logic_design_prod/webpack.htm • Symphony EDA free VHDL simulator (select FREE Edition license) http://www.symphonyeda.com/products.htm • Icarus open-source Verilog simulator http://www.icarus.com/eda/verilog/ Further information: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/reconfigurable-computing/

1	Module name 110334	Reconfigurable computing (lecture with extended exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Reconfigurable Computing (2 SWS) Übung: Extended Exercises to Reconfigurable Computing (2 SWS) Übung: Exercises to Reconfigurable Computing (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Pierre-Louis Sixdenier Mauro Martin Letras Luna Tobias Hahn	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Content: Reconfigurable (adaptive) computing is a novel yet important research field investigating the capability of hardware to adapt to changing computational requirements such as emerging standards, late design changes, and even to changing processing requirements arising at run-time. Reconfigurable computing thus benefits from a) the programmability of software similar to the Von Neumann computer and b) the speed and efficiency of parallel hardware execution. The purpose of the course reconfigurable computing is to instruct students about the possibilities and rapidly growing interest in adaptive hardware and corresponding design techniques by providing them the necessary knowledge for understanding and designing reconfigurable hardware systems and studying applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration. After a general introduction about benefits and application ranges of reconfigurable (adaptive) computing in contrast to general-purpose and application-specific computing, the following topics will be covered: • Reconfigurable computing systems: Introduction of available technology including fine grained look up table (LUT-) based reconfigurable systems such as field programmable gate arrays (FPGA) as well as newest coarse grained architectures and technology. • Design and implementation: Algorithms and steps (design entry, functional simulation, logic synthesis, technology mapping, place and route, bit stream generation) to implement (map) algorithms to FPGAs. The main focus lies on logic synthesis algorithms for FPGAs, in particular LUT technology mapping. • Temporal partitioning: techniques to reconfigure systems over time. Covered are the problems of mapping large circuits

		which do not fit one single device. Several temporal partitioning techniques are studied and compared. • Temporal placement: Techniques and algorithms to exploit the possibility of partial and dynamic (run-time) hardware reconfiguration. Here, OS-like services are needed that optimize the allocation and scheduling of modules at run-time. • On-line communication: Modules dynamically placed at run-time on a given device need to communicate as well as transport data off-chip. State-of-the-art techniques are introduced how modules can communicate data at run-time including bus-oriented as well as network-on-a-chip (NoC) approaches. • Designing reconfigurable applications on Xilinx Virtex FPGAs: In this part, the generation of partial bitstreams for components to be placed at run-time on Xilinx FPGAs is introduced and discussed including newest available tool flows. • Applications: This section presents applications benefiting from dynamic hardware reconfiguration. It covers the use of reconfigurable systems including rapid prototyping, reconfigurable supercomputers, reconfigurable massively parallel computers and studies important application domains such as distributed arithmetic, signal processing, network packet processing, control design, and cryptography.
6	Learning objectives and skills	Learning objectives and competencies: Domain-specific knowledge • The students know to exploit run-time reconfigurable design methodologies for adaptive applications. Domain-specific comprehension • The students understand the mapping steps, and optimization algorithms. • The students classify different types and kinds of reconfigurable hardware technologies available today. • The students clarify pros and cons of reconfigurable computing technology. • The students summarize applications benefiting from reconfigurable computing. Domain-specific practice • The students apply design tools for implementation of circuits and systems-on-a-chip (SoC) on FPGAs during practical training. Social competency

		The students perform group work in small teams during practical training.
7	Prerequisites	Selection of this module prohibits the selection of the modules "Reconfigurable Computing" or "Reconfigurable Computing (Lecture with Exercises)" by the student.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio Oral examination (Duration: 30 min) and successful completion of all tasks of the extended exercises (mandatory, at the workstations residing in our lab at the chair).
11	Grading procedure	Portfolio (100%) The oral examination determines the final grade of the module.
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Further reading material: - The Hamburg VHDL Archive (see Documentation link for free books) http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/research/vlsi/vhdl/index.php - Interactive VHDL Tutorial with 150 examples from ALDEC http://www.aldec.com/downloads/ - Easy FPGA tutorials, projects, and boards http://www.fpga4fun.com - Xilinx WebPack ISE and Modelsim MXE (free FPGA synthesis tool and free VHDL simulator) http://www.xilinx.com/ise/logic_design_prod/webpack.htm - Symphony EDA free VHDL simulator (select FREE Edition license) http://www.symphonyeda.com/products.htm - Icarus open-source Verilog simulator http://www.icarus.com/eda/verilog/ Further information: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/reconfigurable-computing/

1	Module name 97090	Simulation and modelling I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Simulation and Modeling 1 (2 SWS) Vorlesung: Simulation and Modeling 1 (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Lisa Maile Jonathan Fellerer Prof. Dr. Reinhard German	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Das Modul vermittelt die Grundlagen der diskreten Ereignissimulation und beinhaltet • diskrete Simulation • analytische Modellierung (z.B. Warteschlangen) • Eingabemodellierung (z.B. Fitting-Verfahren) • Zufallszahlenerzeugung • statistische Ausgabeanalyse • Modellierungsparadigmen (u.a. Ereignis-/Prozessorientierung, Warteschlangen, Automaten, Petri-Netze, UML, graphische Bausteine) • kontinuierliche und hybride Simulation • Simulationssoftware • Fallstudien Content: Overview of the various kinds of simulation • discrete simulation (computational concepts, simulation of queuing systems, simulation in Java, professional simulation tools) • required probability concepts and statistics, modeling paradigms (e.g., event/process oriented, queuing systems, Petri nets, UML statecharts) • input modeling (selecting input probability distributions) • random number generation (linear congruential generators and variants, generating random variates) • output analysis (warm-up period detection, independent replications, result presentation) • continuous and hybrid simulation (differential equations, numerical solution, hybrid statecharts) • simulation software, case studies, parallel and distributed simulation.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben Kenntnisse über Verfahren und Realisierungsmöglichkeiten der diskreten Simulation mit Ausblick auf andere Simulationsarten

		• erwerben Kenntnisse über statistische Aspekte der Simulation, die für die Anwendung wichtig sind • wenden statistische Methoden zur Analyse und Bewertung von Eingabe- sowie Ausgabedaten an • erwerben praktische Erfahrung mit kommerziellen Simulationswerkzeugen • erwerben Erfahrungen bei der Simulation in verschiedenen Anwendungsbereichen (u.a. Rechnernetze, Fertigungssysteme, Materialflusssysteme) • entwickeln eigenständig anhand von Beispielaufgaben Simulationsmodelle unter Verwendung verschiedener Modellierungsparadigmen • können in Gruppen kooperativ und verantwortlich arbeiten Learning targets and competences: Students gain knowledge about methods and realization possibilities of discrete simulation with an outlook on other types of simulation gain knowledge of statistical aspects of simulation that are important for practice apply statistical methods for analysis and evaluation of input and output data gain hands-on experience with commercial simulation tools gain experience in simulation in various fields of application (including computer networks, manufacturing systems, material flow systems) independently develop simulation models on the basis of sample tasks using different modeling paradigms can work in groups cooperatively and responsibly
7	Prerequisites	elementare Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Java, Mathematikkenntnisse in Analysis, wie z.B. im 1. Semester der angewandten Mathematik vermittelt Recommended background knowledge: basic programming skills, preferably in Java, mathematics skills in analysis, such as taught in the first semester in applied mathematics.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Law, "Simulation Modeling and Analysis, 5th ed., McGraw Hill, 2014

1	Module name 44500	Swarm Intelligence	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Swarm Intelligence (2 SWS) Vorlesung: Swarm Intelligence (SI), formerly Organic Computing (OC) (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Matthias Kergaßner Prof. Dr. Rolf Wanka	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Rolf Wanka
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Ch. Müller-Schloer, Ch. von der Malsburg, R. P. Würt. Organic Computing. Informatik-Spektrum, Band 27, Nummer 4, S. 332-336.

	• I. C. Trelea. The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection. Information Processing Letters 85 (2003) 317-325. • J. M. Kleinberg. Authoritative sources in a hyperlinked environment. Journal of the ACM 46 (1999) 604-632. • M. Dorigo. V. Maniezzo. A Coloni. 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

Compulsory modules

1	Module name 93601	Information theory and coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Information Theory and Coding (1 SWS) Vorlesung: Information Theory and Coding (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Ali Bereyhi Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix 2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality 3. Inference: inverse probability, statistical inference 4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers 5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding 6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform 7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma 8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity 9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels 10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel 11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything 12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm 13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm 14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth

15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression

--

1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix

2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung

3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz

4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen

5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffman-codierung

6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation

7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma

8. Kommunikation über gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität

9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanäle

10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals

11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist

12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus

13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus

14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang

		15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression
6	Learning objectives and skills	The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life. The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding. For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity. They calculate these quantities for memoryless sources and channels. The students proof both the source coding and the channel coding theorem. The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity. The students apply source compression methods to measure mutual information. The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables. The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance. They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing. The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everyday's life. The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution. The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression. -- Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an. Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung.

		Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität. Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle. Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem. Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate. Die Studierenden verwenden Quellencodierverfahren zur Messung von Transinformation. Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher. Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz. Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch. Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an. Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguläre Knotenordnungsverteilungen. Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression in den Frequenzbereich.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch

16	Bibliography	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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 attenuation 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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Proakis, J.: Digital Communications, McGraw-Hill, 4th ed., 2001. Rappaport, T.: Wireless Communications: Principles & Practice, Prentice Hall, 2nd ed., 2001. Mouly, M., Paulet, M.: The GSM System for Mobile Communications, Cell & SYS, France, 1992. Goldsmith, A.: Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, 2005.

1	Module name 44362	Quality of service in communication systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Quality of Service in Communications (2 SWS) Übung: Quality of Service in Communications (Ex-QoSic) (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Lisa Maile	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Zunächst wird der Begriff der Dienstgüte (Quality-of-Service, QoS) eingegrenzt und es werden die wichtigsten Ansätze zur Erzielung von Dienstgüte besprochen und in ausgewählten Netztechnologien untersucht. Dann werden unterschiedliche Methoden vorgestellt, mit denen Systeme bezüglich ihrer Dienstgüte bewertet und ausgelegt werden können: • Netzplanung und optimierung, • stochastische Analyse (Markow-Ketten, Warteschlangen), • Netzwerksimulation, • deterministische Analyse mit Network Calculus zur Ermittlung von Dienstgütegarantien • Messung (HW-, SW-, Hybrid-Monitoring, Benchmarks). Alle Methoden werden an Beispielen demonstriert. *Contents:* We introduce the term quality-of-service (QoS), discuss important approaches to achieve certain degrees of QoS, and show how the implementation in computer networks. Then a number of methodologies to assess and design systems with respect to their QoS: • network planning and optimization, • network simulation, • stochastic analysis (Markov chains, non-Markovian models, queuing systems), • deterministic analysis with network calculus to determine QoS guarantees • measurements (hardware, software, and hybrid monitoring, benchmarks). All methods are illustrated by examples.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erwerben • Kenntnisse in Methoden zur Modellierung und Bewertung von quantitativen, nicht-funktionalen Eigenschaften von vernetzten Systemen • Kenntnisse in Mechanismen von vernetzten Systemen zur Erzielung von Dienstgüte *Learning targets and competences:*

		The students get • experience in methods to model and evaluate quantitative, non-functional properties of computer networks and related systems • knowledge of mechanisms of computer networks to achieve quality-of-service
7	Prerequisites	Rechnerkommunikation, Kommunikationssysteme, grundlegende Programmierkenntnisse (optimal in R und C++)
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Kurose, Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet. 6th Ed., Addison Wesley, 2013 • W. Stallings. Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson Education, 2014 • W. Stallings. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pearson Education, 2016

Compulsory elective module

1	Module name 151664	Advanced communication networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Advanced Communication Networks - Tutorial (0 SWS) Vorlesung: Advanced Communication Networks (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Walid Ghanem Prof. Dr. Laura Cottatellucci	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	Telecommunications have become ubiquitous in daily life and wireless networks play a fundamental role thanks to their capability to support mobility. In a wireless communication, the concept of link does not exist. Users radiate energy and communicate through the superposition of each others transmissions which creates interference. Compared to wireline networks this scenario is extremely challenging but also offers unpredictable opportunities in the development of new technologies (massive MIMO, cognitive radio, etc.) and exploitation of new features, e.g., opportunistic communications and multiuser diversity. The exponentially increasing request of higher and higher throughput is satisfied densifying users and access points per unit area and allowing more and more interference while adopting advanced techniques and innovative resource allocation to mitigate the detrimental effects of interference. Objective of this course is to introduce the student to advanced techniques for coordinated medium access control and radio resource management in cellular systems. Power allocation, rate adaptation and scheduling will be discussed both in centralized and distributed settings. Some mathematical methods play a fundamental role in resource allocation, namely, classical Perron-Frobenius theory for nonnegative matrices, convex and nonconvex constrained optimization, distributed optimization and game theory. The course introduces the student to such methods and exemplifies their application to various resource allocation problems. Additionally, the course addresses relevant aspects of resource allocation in wireless networks such as fairness and cross-layer design. *Technical Content* • Properties and challenges of the wireless medium. • Basic concepts of communication networks: the layered architecture. • Evolution of wireless cellular network architectures: From Global System for Mobile to Advanced-Long Term Evolution. • Multiple Access Schemes: CSMA variants, TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA, SC-FDMA, SDMA. • Uplink-downlink duality. • Opportunistic scheduling and multiuser diversity.

		• Advanced concepts: small cells and heterogeneous networks, relaying and cooperation, network coding, cognitive radio networks. • Basics of resource allocation: power allocation, rate adaptation, and scheduling. • Classical resource allocation techniques: Centralized and distributed power control based on the Perron-Frobenius theorem. • Fundamentals of convex constrained optimization and application to resource allocation. • Resource allocation and fairness. • Fundamentals of nonconvex optimization and relaxation techniques. • Applications of nonconvex optimization to resource allocation. • Fundamentals of distributed optimization and applications to resource allocation. • Fundamental concepts of game theory. • Resource contention via game theoretical methods.
6	Learning objectives and skills	The student • Describes and/or recognizes wireless channel models. • Criticizes the limits of a layered architecture in wireless systems. • Defends the use of cross-layer design in wireless network. • Appraises and compares the distribution of functionalities in network entities for different architectures. • Argue on the pros and contras of different multiple access schemes according to various criteria (e.g. spectral efficiency, power efficiency, robustness to interference). • Compares and contrasts micro-diversity and various macro-diversity schemes. • Computes the total rate of SDMA with various receivers. • Relates the multiple access in uplink to broadcasting in downlink and justifies the concept of uplink-downlink duality. • Uses uplink-downlink duality to design a precoder and allocate power. • Contrasts multiple access in uplink and broadcasting in downlink in terms of channel state acquisition both for TDD and FDD transmission. • Uses multiuser diversity for opportunistic scheduling. • Compares multiuser diversity for users having identical and different channel statistics. • Contrasts opportunistic scheduling in terms of channel state acquisition and feedback both for uplink and downlink and for both FDD and TDD transmission schemes. • Appraises the impact of multiple antennas on opportunistic scheduling. • Analyses different settings with interference in small cells and designs countermeasures. • Categorizes relaying schemes in LTE.

		- Analyses performance of relaying schemes. - Argues on possible improvements of relaying schemes via network coding and physical layer network coding. - Uses the Perron-Frobenius theorem to allocate power in a centralized manner. - Judges the feasibility of a power control problems and formulates alternative approaches in case of unfeasibility. - Uses the Perron-Frobenius theorem to design a distributed power control scheme. - Judges the convergences of distributed power control based on the Perron-Frobenius theorem and appraises the robustness of asynchronous power control. - Applies techniques of convex optimization to discriminate convex problems and determine necessary and/or sufficient conditions for global optimality. - Judges the applicability of KKT conditions and duality. - Uses KKT conditions to solve convex optimization problems. - Uses duality to solve convex optimization problems. - Applies convex optimization to resource allocation in wireless communications. - Compares different definitions of fairness and applies them to rate allocation. - Appraises the effect of channel knowledge at the transmitter on different fairness criteria. - Applies KKT conditions for opportunistic user scheduling. - Describes a proportional fair algorithm for opportunistic scheduling. - Applies relaxation to nonconvex quadratic constrained quadratic programming. - Formulates resource allocation problems as constrained optimization programming. - Contrasts various distributed optimization methods. - Applies the concept of best response to determine Nash equilibria. - Argues about existence and uniqueness of Nash equilibria. - Assesses if a given game is a potential game and solves it. - Defends the concept of Pareto optimality in resource allocation. - Contrasts the concepts of pure and mixed strategies in game theory. - Uses coupled constrained concave game to allocate powers in heterogeneous networks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96875	Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre
5	Contents	Perceptual audio coding is ubiquitous in modern life (mp3 players, mobile phones, DVD players, computers, ...) Based on related classes (esp. Speech and Audio Processing"), this lecture aims at deepening the understanding of modern algorithms for perceptual source coding of audio. It includes an overview of the most relevant standardized coders, starting with MPEG-1 (incl. mp3) via MPEG-4 all the way to the most recent MPEG Audio standard. The significant algorithms are discussed and new approaches are described. The selected topics include: Efficient coding of several audio channels / parametric multi- channel coding Typical coding artifacts; subjective and objective quality assessment Scalable audio coding Bandwidth extension Semi-parametric audio coding Low-delay audio coding The lecture includes a number of demonstrations and audio examples to illustrate the discussed algorithms.
6	Learning objectives and skills	• Wissen - Die Studenten kennen die Hauptkomponenten eines gehörangepassten Audiocodecs, sowie die wichtigsten Algorithmen, Codierstrategien und Bewertungsmethoden. Weiterhin kennen sie die Terminologie und gängige Abkürzungen aus diesem Kontext. • Verstehen - Die Studenten verstehen, wie Designentscheidungen in Audiocodecs die letztendlich erreichte Audioqualität beeinflussen, verstehen die gebräuchlichsten Tools aus dem Bereich der gehörangepasste Audiocodierung und wie verschiedene Anwendungsszenarien das Coderdesign bestimmen. • Anwenden - Die Studenten können übliche mathematische Analysemethoden verwenden, um einfache Coder-Componenten zu beschreiben und gegebenenfalls zu modifizieren.

		• Analysieren - Die Studenten können Audiocodierungs-Standards und wahrnehmungsbasierte Messwerkzeuge dazu analysieren um die zugrundeliegenden Konzepte und Anforderungen zu erfassen. • Evaluieren (Beurteilen) - Die Studenten können Audiocodierungs-Standards und wahrnehmungsbasierte Messwerkzeuge evaluieren um zu beurteilen, welcher Standard bzw. welches Messwerkzeug das passendste ist für einen bestimmten Anwendungsfall. • Synthese - Die Studenten können eine Liste von Anforderungen und Bewertungskriterien für Audiocodern zusammenstellen für gewünschte Anwendungsfälle. • Lern- bzw. Methodenkompetenz - Die Studenten hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96312	Image, video and multidimensional signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Punktoperationen* Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur *Binäroperationen* Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing *Farbräume* Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum *Mehrdimensionale Signale und Systeme* Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter *Interpolation von Bildsignalen* Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation *Merkmalsdetektion in Bildern* Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix *Skalierungsraumdarstellung* LoG, DoG, SIFT, SURF *Bildabgleich* Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC *Bildsegmentierung* Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos

Bildverarbeitung im Transformationsbereich

Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT

Content:

Point operations

Histogram equalization, gamma correction

Binary operations

Morphological filters, erosion, dilation, opening, closing

Color spaces

Trichromacy, red-green-blue color spaces, color representation using hue, saturation and value of intensity

Multidimensional signals and systems

Theory of multidimensional signals and systems, impulse response, linear image filtering, power spectrum, Wiener filtering

Interpolation of image signals

Bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, spline interpolation

Image feature detection

Image features, edge detection, Hough transform, Harris corner detector, texture features, co-occurrence matrix

Scale space representation

Laplacian of Gaussian, difference of Gaussian, scale invariant feature transform, speeded-up robust feature transform

Image matching

Projective transforms, block matching, optical flow, feature-based matching using SIFT and SURF, random sample consensus algorithm

Image segmentation

Amplitude thresholding, k-means clustering, Bayes classification, region-based segmentation, combined segmentation and motion estimation, temporal segmentation of video

		Transform domain image processing Unitary transform, Karhunen-Loeve transform, separable transform, Haar and Hadamard transform, DFT, DCT
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur • testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten • unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten • erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale • berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales • bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation • überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale • analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces • erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten • segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren • verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden. The students • understand point operations for image data and gamma correction • test the effects of rank order and median filters for image data • evaluate and differentiate between different color spaces for image data • explain the principle of two-dimensional linear filtering for image signals • calculate and evaluate the two-dimensional discrete Fourier transform of an image signal • determine enlarged discrete image signals by bi-linear and spline interpolation • verify image data for selected texture, edge and motion features • analyze image and video data for features in different scale spaces • explain and evaluate methods for the matching of image data

		• segment image data by implementing basic classification and clustering methods • understand the principle of transformations on image data and apply them exemplarily
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I und II
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	J.-R. Ohm: [Multimedia Content Analysis], Springer, 2016 J. W. Woods: [Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding], Academic Press, 2nd edition, 2012

1	Module name 380599	Digitale Rundfunksysteme	2,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43400	Equalisation and adaptive systems for digital communications	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Equalization and Adaptive Systems for Digital Communications (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker
5	Contents	Bei der digitalen Übertragung spielen Kanalverzerrungen aufgrund ständig steigender Datenraten eine immer grössere Rolle. Bei vielen Anwendungen müssen für eine zuverlässige Übertragung komplexe Entzerrverfahren eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für die leitungsgebundene als auch die drahtlose Kommunikation. Z.B. werden in der xDSL-Systemfamilie (Digital Subscriber Lines), die eine schnelle digitale Übertragung über Ortsanschlussleitungen gewährleistet, oft entscheidungsrückgekoppelte Entzerrverfahren oder Vorcodierungsverfahren eingesetzt und beim Mobilfunkstandard GSM und seiner Weiterentwicklung EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) Maximum-Likelihood-Sequenzschätzung bzw. zustandsreduzierte Entzerrung. Eng im Zusammenhang mit der eigentlichen Entzerrung stehen Adaptionsverfahren, mit denen die Parameter des Entzerrers optimal an den Übertragungskanal angepasst werden können. Lernziel: Ziel der Vorlesung ist eine umfassende Darstellung gebräuchlicher Entzerrungs- und Adaptionsverfahren. Den Teilnehmern sollen fundierte Kenntnisse der verschiedenen Verfahren vermittelt werden, die sie zu deren sinnvollem Einsatz in der Praxis befähigen. Content: Channel distortions are playing an increasingly important role in digital transmission due to constantly increasing data rates. In many applications, complex equalization techniques must be used for a reliable transmission. This applies to both wired and wireless communication. For example, decision feedback equalization or precoding techniques are often used in the xDSL (Digital Subscriber Lines) system family, which ensures fast digital transmission over local subscriber loops, and the GSM system and its advanced version EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) employ maximum likelihood sequence estimation and state-reduced equalization. Closely related to the task of equalization are adaptation methods with which

		the parameters of the equalizer can be optimally adjusted to the transmission channel. Objective: The aim of the lecture is a comprehensive presentation of common equalization and adaptation methods. The participants should acquire an in-depth knowledge of the various procedures which enables them to make meaningful design decisions in practice.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • beschreiben verschiedene Verfahren zur Entzerrung frequenzselektiver Übertragungskanäle wie lineare Entzerrung, entscheidungsrückgekoppelte Entzerrung und Maximum-Likelihood-Sequenzschätzung, • setzen die verschiedenen Ansätze in Blockdiagramme um und optimieren deren Komponenten, • vergleichen Entzerrverfahren hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit, charakterisiert durch die Fehlerrate, und Komplexität, • wählen geeignete Verfahren für verschiedene Anwendungen wie leitungsgebundene und drahtlose Übertragung aus, • entwerfen neuartige Verfahren für gegebene Anforderungen, • formulieren Adaptionalgorithmen zur automatischen Anpassung des Empfängers eines Übertragungssystems an den Kanal, • ordnen Entzerrverfahren einen geeigneten Adaptionalgorithmus zu. Learning Objectives and Competences: The students - describe various methods for equalizing frequency-selective transmission channels such as linear equalization, decision feedback equalization and maximum likelihood sequence estimation, - realize various approaches in block diagrams and optimize their components, - compare equalization methods in terms of their performance, characterized by the error rate, and complexity, - select suitable methods for various applications such as wired and wireless transmission, - design novel schemes for given requirements, - formulate adaptation algorithms for automatic adaptation of the receiver of a transmission system to the channel,

		- assign suitable adaptation algorithms to equalization schemes.
7	Prerequisites	Vorkenntnisse in Systemtheorie und digitaler Signalverarbeitung, sowie entweder der Vorlesung Nachrichtentechnische Systeme oder Digitale Übertragung sind für die Teilnahme hilfreich.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Gerstacker, W.: Skriptum zur Vorlesung Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung. Huber, J.: Trelliscodierung, Springer Verlag, Berlin, 1992. Benedetto, S., Biglieri, E.: Principles of Digital Transmission with Wireless Applications, Kluwer Academic Publishers, New York, 1999. Proakis, J. G.: Digital Communications. McGraw-Hill, New York, 3. ed., 1995. Haykin, S.: Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 3. ed., 1996.

1	Module name 96401	Global navigation satellite systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Globale Navigationssatellitensysteme (1 SWS) Vorlesung: Globale Navigationssatellitensysteme (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Jörn Thielecke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Jörn Thielecke
5	Contents	*Hinweis:* 1. Mehrere Übungsstunden werden rechnergestützt (Python) sein, um den Vorlesungsstoff durch eigene praktische Erfahrung zu vertiefen. 2. Eine Laborbesichtigung beim Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen soll den Studierenden Einblick in die einschlägigen Arbeiten zu GPS und Galileo geben. *Inhalte:* *[1. Überblick: Signale und Systeme]* • Einführung • GPS Global Positioning System • Galileo • Satellitenergänzungssysteme: EGNOS, WAAS, LAAS • Mathematische Grundlagen: Navigationssignale, Gold Codes, Cramer-Rao-Schranke für Laufzeitmessungen *[2. Grundlagen und Funktionsweise der Satellitenortung]* • Koordinatensysteme, Zeitsysteme und Orbits • Ausbreitungsbedingungen und Fehlerquellen • Positions-, Geschwindigkeits- und Zeitschätzung • Hochgenaue Positionsschätzung mittels Trägerphase *[3. GNSS Empfänger]* • Signalkonditionierung • Leistungsfähigkeit der GPS- und Galileo-Signale • Releschleifen zur Signalverfolgung
6	Learning objectives and skills	1. Eine Übersicht über die Möglichkeiten von GPS und Galileo soll die Beurteilungsfähigkeit der Studierenden für neue Anwendungen schärfen. 2. Durch vertiefte Kenntnisse der Grundlagen, Funktionsweise und Fehlerquellen sollen die Studierenden die gelösten Herausforderungen und die Grenzen von GPS und Galileo einschätzen lernen.

		3. Die Studierenden sollen ein nachrichtentechnisches Verständnis für die Funktionsweise eines GPS-Empfängers erlangen.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse erforderlich in: linearer Algebra, Signal- & Systemtheorie, Wahrscheinlichkeitstheorie
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%) Bei bestandener Prüfung wird die Note um eine Teilnotenstufe (z.B. von 2,0 auf 1,7) verbessert, wenn Sie: 1. Mindestens 75% der Hausaufgaben bestanden haben UND 2. Mindestens 75% der Rechnerübungen erfolgreich absolviert haben. Eine Note besser als 1,0 wird nicht vergeben.
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	1. Pratap Misra, Per Enge, "Global Positioning System", Ganga-Jamuna Press, 2001 2. E.D. Kaplan, C.J. Hegarty, "Understanding GPS Principles and Applications" Artech House, 2. Auflage, 2006 3. Werner Mansfeld, "Satellitenortung und Navigation, Vieweg, 2004

1	Module name 629391	RF and digital architecture of radio systems	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: RF and Digital Architecture of Radio Systems (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Heinrich Milosiu	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	• Architektur von Funksystemen • Hochfrequenz- und Digital-Teil • Analog-Digital Balance • Vielfachzugriff • Leistungsmerkmale der physikalischen Schicht und ihre Implementierung • Transceiver-Architekturen • AD- und DA-Umsetzung • Beurteilung der Transceiverkomplexität • Grundanforderungen an Basisbandprozessoren • Signalintegrität und Analyse von Verzerrungen (EVM) • Elektronische Kompensationsverfahren • Digitale Signalkonditionierung • Spektrumszuweisung • Frequenzagile Funksysteme • Pegelrechnung zur Funkschnittstelle • Grundzüge der Verkehrstheorie und Netzdimensionierung • Funknetzplanung • Funkabdeckung, Netzkapazität und spektrale Effizienz • Leistungsverbrauch • Leistungshaushalt Content: Architecture of radio communication systems RF and digital section Analogue-digital Balance Multiple Access schemes Physical Layer features and their hardware implementation Transceiver architectures AD and DA conversion Transceiver complexity assessment Baseband processor fundamentals

		Signal integrity and impairment analysis (Error Vector Magnitude) Electronic counter measures Digital signal conditioning Spectrum licensing Frequency agile radio Link budget calculations Basic traffic theory and engineering Network planning Network coverage, capacity and spectral efficiency Power consumption Power budget
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden verstehen die Architektur von Mobilfunk-Basisstationen Die Studierenden sind in der Lage Blockdiagramme für den Sende- und Empfangspfad zu erstellen. Die Studierenden kennen die Leistungsmerkmale des GSM Mobilfunksystems auf der Funkschnittstelle. Die Studierenden wissen welche Leistungsmerkmale die Netzabdeckung und welche die Netzkapazität erhöhen. Die Studierenden kennen die Implementierung von Leistungsmerkmalen. Die Studierenden kennen die Vor- und Nachteile verschiedener Sender- und Empfängerarchitekturen. Die Studierenden können einen Pegelplan für die Funknetzplanung erstellen. Die Studierenden können die Störquellen für Signalverzerrungen qualitativ und quantitativ beschreiben. Die Studierenden verstehen die Vor- und Nachteile analoger und digitaler Signalverarbeitung.

		Die Studierenden verstehen die Grundsätze der Verkehrstheorie und -modellierung. Die Studierenden kennen die Metriken zur Beschreibung der ökonomischen Zusammenhänge bei der Funknetzplanung. Die Studierenden können die Signaldynamik im Kontext der Analog-Digital-Umsetzung berechnen. Die Studierenden können den Leistungshaushalt einer Basisstation quantitativ beschreiben. Learning objectives and competencies: Students • can analyse the architecture of cellular basestations • can sketch block diagrams for the TX and RX path • can reproduce radio requirements of GSM physical layer • can identify radio features whether they increase coverage or capacity • can describe implementation of radio features • can analyse the pros and cons of different radio architectures • can sketch a level plan for link budget analysis • can describe sources of signal distortion in qualitative and quantitative way • can explain the pros and cons of analogue versus digital signal processing • can recall basics of traffic theory and modelling • can apply metrics for economical assessment with network planning • can evaluate the dynamic range in the context of Analog-Digital-Conversion • can analyse the power budget of a basestation in a quantitative way
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96260	Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (2 SWS) Übung: Übungen zu Integrierte Schaltungen für Funkanwendungen (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Heinrich Milosiu Albert-Marcel Schrotz	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Heinrich Milosiu
5	Contents	• Transceiver-Architekturen • Hochfrequenzaspekte • Transistoren und Technologien • Passive Bauelemente und Netzwerke • Rauscharme Vorverstärker • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen und Synthesizer • Messtechnische Grundlagen
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage: • Den Aufbau sowie Vor- und Nachteile von Transceiver-Architekturen zu verstehen • Hochfrequenzaspekte von Transistoren und Schaltungen zu analysieren • Geeignete Integrationstechnologien auszuwählen • Passive Bauelemente und Netzwerke zu verstehen und anzuwenden • Schaltungstopologien rauscharmer Vorverstärker, Mischer, Oszillatoren anzuwenden und zu analysieren
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96270	Channel coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Kanalcodierung (3 SWS) Vorlesung mit Übung: Channel Coding (4 SWS) Übung: Übungen zur Kanalcodierung (1 SWS)	5 ECTS 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	Contents	1) Introduction and Motivation 2) Fundamentals of Block Coding 3) Introduction to Finite Fields I 4) Linear Block Codes 5) Linear Cyclic Codes 6) Introduction to Finite Fields II 7) BCH and RS Codes 8) Convolutional Codes 9) Codes with Iterative Decoding
6	Learning objectives and skills	Das Modul Kanalcodierung umfasst eine Einführung in die Grundlagen der algebraischen, fehlerkorrigierenden Blockcodes sowie einen Einstieg in die Thematik der Faltungscodes. Iterativ decodierte Codeschemata wie Turbo-Codes und LDPC-Codes werden ebenfalls eingeführt. Im Einzelnen sind die Inhalte oben aufgeführt. Die Studierenden definieren die Problematik der Kanalcodierung, grenzen sie von anderen Codierv Verfahren (z.B. der Quellencodierung) ab und kennzeichnen die unterschiedlichen Ansätze zur Fehlerkorrektur und -erkennung. Sie nennen Beispiele für Einsatzgebiete von Kanalcodierung und geben einen Überblick über die historische Entwicklung des Fachgebiets. Die Studierenden erstellen Übertragungsszenarien für den Einsatz von Kanalcodierung bestehend aus Sender, Übertragungskanal und Empfänger und beachten dabei die Grundannahmen beim Einsatz von Blockcodes bzw. der Modellierung der Kanäle. Sie formulieren mathematische Beschreibungen der Encodierung sowie der optimalen Decodierung bzw. suboptimaler Varianten. Die Studierenden beherrschen die Grundlagen fehlerkorrigierender linearer Blockcodes, beschreiben diese mathematisch korrekt mittels Vektoren und Matrizen über endlichen Körpern und implementieren und bewerten zugehörige Encoder- und Decoderstrukturen insbesondere Syndromdecoder. Dabei modifizieren sie Generatormatrizen, ermitteln Prüfmatrizen und erstellen Syndromtabellen. Sie schätzen die minimale Hammingdistanz von Codes mittels Schranken ab und können den erzielbaren Codegewinn erläutern. Sie kennen und benutzen beispielhaften Codefamilien (z.B. Hamming-Codes, Simplex-Codes, Reed-Muller-Codes).

Die Studierenden erkennen die Vorteile zyklischer linearer Blockcodes und beschreiben diese mit Polynomen über endlichen Körpern. Sie nutzen die Restklassenrechnung bzgl. Polynomen zur Umsetzung systematischer Encoder und zur Realisierung von Syndromdecodern mittels Schieberegisterschaltungen. Sie kennen beispielhafte Codefamilien.

Die Studierenden nutzen Primkörper, Erweiterungskörper, Minimalpolynome und Kreisteilungsklassen sowie die Spektraldarstellung über endlichen Körpern zur Realisierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes gemäß der BCH-Schranke. Sie verstehen die Grundlagen der Decodierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes. Sie skizzieren und erläutern die Kanalcodierkonzepte von CD und DVD.

Die Studierenden erklären die Unterschiede von Faltungscodes und Blockcodes, skizzieren anhand von tabellierten Generatorpolynomen zugehörige Encoder und erläutern diese. Sie erklären die Funktionsweise des optimalen Decoders (MLSE) und demonstrieren diese beispielhaft.

Die Studierenden verstehen die Grundlagen der iterativen Decodierung, insbesondere wenden sie die Grundlagen des Information Combining zur Kombination von verschiedenen Beobachtungen an. Sie verstehen die Bedeutung von Log-Likelihood-Ratios bei iterativen Decodieruvorgängen und berechnen diese. Sie skizzieren die grundlegenden Encoder- und Decoderstrukturen von Turbo-Codes und die Grundzüge der Codierung mit LDPC-Codes u.a. der Decodierung mittels Belief Propagation.

Die Vorlesung erfolgt wechselweise auf Deutsch oder Englisch (Winter/ Sommer). Die zur Verfügung gestellten Unterlagen sind ausschließlich in Englisch gehalten. Die Studierenden verwenden entweder die englischen Fachtermini sicher oder kennen diese und drücken sich sicher mit den entsprechenden deutschen Fachbegriffen aus.

Die Umsetzung der angegebenen Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) sollten die Studierenden zu diesem Zeitpunkt des Studiums üblicherweise beherrschen. Übungen hierzu bleiben der Eigeninitiative überlassen.

Students define the problems of channel coding, how to distinguish it from other coding methods (such as source coding) and how to describe the various different approaches to error correction and detection. They are able to list example application areas of channel coding and give an overview of the historical development of the field.

		Furthermore, they describe and analyze transmission scenarios for the application of channel coding which consist of transmitter, transmission channel and receiver, taking into account the general assumptions for applying block codes or modeling the channels. They formulate mathematical descriptions of encoding, optimal decoding and sub-optimal methods. Students illustrate the principles of error-correcting linear block codes and describe them mathematically using vectors and matrices over finite fields. They implement and analyze corresponding encoder and decoder structures, in particular syndrome decoders, and modify generator matrices, construct test matrices and create syndrome tables. They estimate the minimum Hamming distance of codes using bounds and are able to explain the coding gain that can be achieved in individual cases. They analyze and use example code families (e.g. Hamming codes, simplex codes, Reed-Muller codes). Students explain the advantages of cyclic linear block codes and how to describe them with polynomials over finite fields. They apply polynomial modular arithmetic to implement systematic encoders and realize syndrome decoders using shift register circuits. They know and use exemplary code families. Students use prime fields, extension fields, minimal polynomials and cyclotomic cosets, and spectral representation over finite fields to implement BCH and Reed-Solomon codes using the BCH bound. They understand the foundations of decoding BCH and Reed-Solomon codes and how to sketch and explain the channel coding concepts of CDs and DVDs. Students are able to describe the differences between convolutional codes and block codes, to sketch the respective encoders based on tabulated generator polynomials and to explain them. They are able to explain how optimal decoders (MLSE) work using examples. Students sketch the foundations of iterative decoding. In particular, they apply methods of information combining to combine different observations. They use and calculate log-likelihood ratios in iterative decoding processes, sketch the basic encoding and decoding structures of turbo codes and the basics of coding using LDPC codes (including decoding using belief propagation). Students either are able to use the English technical terms correctly or know them and are able to express themselves using the respective technical terms in German.
7	Prerequisites	Es ist hilfreich, wenn die Studierenden die erlernten Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) umsetzen können.

		It would be very helpful if the participants can implement the specified algorithms into a programming language (C, Matlab, etc.).
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich Hilfsblatt, Taschenrechner: Sie können ein einzelnes A4-Blatt (Vorder- und Rückseite oder andere Blätter mit offensichtlich identischer Gesamtfläche) verwenden, um Ihre eigene, handschriftliche Formelsammlung aufzuschreiben. Sie können einen nicht programmierbaren Taschenrechner verwenden. Cheat Sheet, Calculator: A single A4 sheet (front and back, or any other collection of sheets with an obviously identical total area size) can be used to write down your own handwritten collection of formulas, etc. You may also bring a non-programmable calculator.
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	• J. Huber, R. Fischer, C. Stierstorfer: Folien zur Vorlesung • M. Bossert: Kanalcodierung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 3. Auflage, 2013 • M. Bossert: Channel Coding for Telecommunications, John Wiley & Sons, 1999 • B. Friedrichs: Kanalcodierung, Springer Verlag, 1996 • S.B. Wicker: Error Control Systems for Digital Communications and Storage, Prentice-Hall, 1995

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

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Jörg Robert
5	Contents	1. Einleitung 2. Darstellung von Signalen und Spektren • Kontinuierliche und diskrete Signale • Spektrum eines Signals • Unterabtastung und Überabtastung 3. Aufbau und Signale eines Software Defined Radio Systems • Blockschaltbild eines Software Defined Radio Systems • Basisband- und Trägersignale • Empfänger-Topologien • Signale in einem Software Defined Radio System 4. Drahtlose Netzwerke 5. Übertragungsstrecke • Funkstrecke • Antennen 6. Leistungsdaten eines Empfängers • Rauschen • Nichtlinearität • Dynamikbereich eines Empfängers 7. Digital Downconverter • CIC-Filter • Polyphasen-FIR-Filter • Halbband-Filterkaskade • Interpolation 8. Demodulation digital modulierter Signale • Einführung • Demodulation einer GFSK/PAM-Paketsendung 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.

Content:

1. Introduction
2. Signal representation and discrete signals
 - a. Continuous and discrete signals
 - b. Signal spectrum
 - c. Downsampling and upsampling
3. Structure and signals of a Software Defined Radio
 - a. Block diagram of a Software Defined Radio
 - b. Base band signals and carrier signals
 - c. Receiver topologies
 - d. Signals in a Software Defined Radio
4. Wireless networks
5. Transmission path
 - a. Radio link
 - b. Antennas
6. Performance data of a receiver
 - a. Noise
 - b. Nonlinearities
 - c. Dynamic range of a receiver

		7. Digital Down Converter a. CIC filter b. Polyphase FIR filter c. Halfband filter cascade d. Interpolation 8. Demodulation of digital modulated signals a. Introduction b. Demodulation of a GFSK/PAM packet transmission 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.
6	Learning objectives and skills	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. 2. Die Studierenden analysieren die Leistungsfähigkeit der analogen Komponenten eines SDR Systems und können Verfahren zur Optimierung dieser Komponenten selbständig anwenden. 3. Die Studierenden analysieren die digitalen Verarbeitungsschritte ausgewählter Modulationsarten und können damit selbst die digitale Signalverarbeitung eines SDR Senders und Empfängers erschaffen. 1. The students will understand the basic operation of a Software Defined Radio (SDR) system, i.e. the students will understand how the individual signal processing steps work as well as the signals themselves.

		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. 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.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse im Bereich digitaler Signalverarbeitung werden vorausgesetzt
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Veranstaltung im StudON verfügbar: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_117973

1	Module name 96801	Communication structures	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationsstrukturen (2 SWS) Übung: Übungen zu Kommunikationsstrukturen (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Jürgen Frickel	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	Einführung • Information und Kommunikation • Anwendungsgebiete - Kommunikation Strukturen und Eigenschaften von Kommunikationssystemen • Grundlegende Definitionen und Klassifikationen • Grundlegende Strukturen Protokolle und Schnittstellen • Grundlagen • Basis-Verfahren und Beispiele • TCP/IP-Protokol • Referenzmodell nach ISO/OSI • Sicherungsschicht/Data Link Layer (LLC und MAC) • Bitübertragungsschicht/Physical Layer • Übertragungsmedien Hardware in Kommunikationsstrukturen • HW-Architekturen und Funktionsblöcke • Digitale und Analoge Komponenten • Schaltungsdetails von Komponenten Grundlagen von Bussystemen • Klassifikation • Funktionale Eigenschaften • Arbitrierungs-Verfahren Leitungsgebundene Anwendungen für Rechnersysteme • Bus-Applikationen • Baustein-/IC-interne Busse (AMBA, FPI, ConTraBus, .) • Baugruppeninterne Busse (I2C, Chipsätze+Bridges, .) • Busse für Rechensysteme (VME, ISA, PCI, PCIe, AGP, .) • Peripherie-Busse (ATA, IEC, USB, Firewire, Fibre Channel, Thunderbolt .) Leitungsgebundene Anwendungen in Systemen

		• Feldkommunikation • Automobil, Luftfahrt, Space (CAN, MOST, LIN, MILBus, Spacewire .) • Industrie, Haustechnik (Profibus, EIB, .) • Weitverkehrsnetze • SDH, PDH, ATM,
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt die Konzepte und Verfahren vor allem drahtgebundener Kommunikationssysteme anzuwenden. 2. Die Studierenden lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Kommunikationsprotokolle zu verstehen, und miteinander zu vergleichen. 3. Desweiteren analysieren und klassifizieren Sie grundlegende Strukturen von leitungsgebundenen Kommunikationssystemen anhand ihrer funktionalen Eigenschaften.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 668129	Machine learning in communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Machine Learning in Communications (4 SWS) Übung: Tutorial for Machine Learning in Communications (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Nikita Shanin	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	Recently, in many areas of wireless communications such as wireless sensor networks (WSNs), heterogeneous networks and complex ad hoc networks, distributed graph algorithms and machine learning on graphs are gaining relevance as fundamental tools in network analysis and information processing. This motivates to deliver a general introduction to fundamentals of machine learning such as detection of clusters on graphs. The introduction is followed by the application of machine learning to the design of physical and data layer techniques in wireless communications and in the optimization of mobile networks.
6	Learning objectives and skills	The students • know and explain the fundamentals of machine learning with special attention to machine learning over graphs. • apply these principles in the design and optimisation of wireless communications systems and mobile networks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 48440	Machine learning in signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Supplements for Machine Learning in Signal Processing (1 SWS) Vorlesung: Machine Learning in Signal Processing (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Kamal Gopikrishnan Nambiar Prof. Dr. Vasileios Belagiannis	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler
5	Contents	This course is an introduction into machine learning and artificial intelligence. The special emphasis is on applications to modern signal processing problems. The course is focused on design principles of machine learning algorithms. The lectures start with a short introduction, where the nomenclature is defined. After this, probabilistic graphical models are introduced and the use of latent variables is discussed, concluding with a discussion of hidden Markov models and Markov fields. The second part of the course is about deep learning and covers the use of deep neural networks for machine learning tasks. In the last part of the lecture, the use of deep neural networks for speech processing tasks is introduced. The course is based on the materials and video footage from Dr. Roland Maas. He is an outstanding machine learning expert and a former member of the Chair of Multimedia Communications and Signal Processing.
6	Learning objectives and skills	After attending the lecture, students will be able to • understand regression and classification problems • apply PDF estimation algorithms • understand Gaussian mixture models and expectation-maximization • apply principal component analysis and independent component analysis • assess different estimation algorithms • explain the application of machine learning to system identification • apply hidden Markov models • understand different artificial neural network architectures • explain deep learning principles • apply artificial neural networks • devise learning strategies for deep neural networks • assess the application of deep neural networks for speech processing tasks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich/mündlich
11	Grading procedure	schriftlich/mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature: • C. M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, http://www.research.microsoft.com/en-us/um/people/cmbishop/PRML • S. Theodoridis and K. Koutroumbas: Pattern Recognition • M. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning.

1	Module name 96030	Medical electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Medizinelektronik - Übung / Medical Electronics Exercises (2 SWS) Vorlesung: Medizinelektronik - Medical Electronics (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Kurin Dr. Jens Kirchner	

4	Module coordinator	Dr. Jens Kirchner
5	Contents	The Lecture and exercise deals with the following topics: • Electronics for medical diagnostics and therapy • Challenges for medical engineering from demographic development and epidemiology of common diseases • Concepts for chronic disease management and elderly care • Regulatory framework of circuit design for medical devices • Circuit design of standard medical equipment ECG, EEG, EMG, SpO2 • Sensor principles and circuit design for biosignal acquisition • Analog-digital balance • Energy management for medical devices • Body near energy harvesting • Health data transmission • Electronic systems for ambient assisted living (AAL) • Circuit technology for lab-on-chip and microelectromechanical systems (MEMS) • Circuit technology for implants and wearable systems
6	Learning objectives and skills	Students will gain • Substantial knowledge on principles of circuit design for medical electronic devices • Substantial knowledge on circuit design for standard medical devices, e.g. ECG, EEG, EMG • Substantial knowledge on design of medical sensors • Substantial knowledge on system design for health assistance systems, wearable medical devices and implants • Ability to analyze circuit diagrams of medical electronic devices • Ability to separate medical electronic devices into their subfunctions • Ability to analyze energy budget of medical devices, particularly wearable systems • Basic ability to design electronic circuits to comply with regulatory requirements
7	Prerequisites	Completion of the modules "Circuit design" ("Schaltungstechnik") or "Electronics and circuit design" ("Elektronik und Schaltungstechnik") is recommended before attending the course.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222

10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	Contents	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	Learning objectives and skills	The students • learn about different MIMO channel models, • analyze MIMO communication systems with respect to their channel capacity and reliability, • determine MIMO figures of merit such as coding gain, diversity gain, and multiplexing gain, • compare and evaluate different MIMO receiver designs, • characterize the rate region of multiuser systems, • analyze massive MIMO systems, • discuss the advantages and disadvantages of different relay network architectures. Die Studierenden • lernen verschiedene MIMO-Kanalmodelle kennen, • analysieren MIMO-Kommunikationssysteme hinsichtlich der Kanalkapazität und Zuverlässigkeit, • ermitteln MIMO-Kenngrößen wie Codierungsgewinn, Diversitätsgewinn und Multiplexgewinn, • vergleichen und beurteilen verschiedene MIMO-Empfangsstrategien, • charakterisieren die Ratenregion von Mehrteilnehmersystemen, • analysieren Massive-MIMO-Systeme, • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Relaisnetzwerkarchitekturen.
7	Prerequisites	Basic course in communications
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 849203	Optical communication networks	2,5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr. Herbert Haunstein
5	Contents	Global communication between billions of subscribers utilizing a multitude of devices is accomplished over a trans-continental fiber-optic transport network. End users worldwide access this network over copper cable (xDSL, HFC), by wireless technologies like WLAN, GSM, UMTS, LTE and also via GPON, EPON and WDM-PON (PON: Passive Optical Network). After a short distance ("the last mile") data streams from many users are aggregated (e.g. by IP routers) into higher data rate transport streams, which are then carried over cost-efficient and highly reliable optical connections. Rapid increase of data traffic has quickly evolved from Gigabit Ethernet (1GbE) to 10GbE and 100GbE data rates. To operate optical networks on a global scale, standards like OTN (Optical Transport Network) have been developed to provide high capacity links by use of many wavelengths together with operations and maintenance (OAM) functions. Automated protection and restoration schemes provide a high level of availability and can guarantee carrier-grade Quality of Service (QoS). Future data rate increase will be driven by video streaming as well as the introduction of 5G wireless technology and the Internet of Things (IoT). The course shall provide a fundamental understanding of modern fiber optic networks from fixed and mobile access through metropolitan area to core networks. 1) Introduction – Evolution of optical networks 2) Network layers - Internet Protocol – TCP/IP 3) Label switching – MPLS – MPLS-TP 4) Quality of Service - traffic classification – resource allocation 5) Ethernet - switching and physical transport 6) Optical Transport Network - OTN 7) Optical fiber properties – optical amplification 8) Optical transmitter – laser – modulator 9) Optical receiver – photo detection – Clock&Data recovery – Bit Error Ratio calculation 10) Modulation formats – transmission - margin allocation 11) Coherent detection – optical signal processing 12) Optical networks – optical switching

		13) Network control & automation
6	Learning objectives and skills	Students ... • explain the functional building blocks of optical networks • can elaborate on the different tasks provided by the logical/ control plane (routing), the physical layer and transmission/data plane of optical networks • refer which standardisation organisation contributes to the different function of optical networks • explain the purpose of different protocols that interact along an end-to-end communication channel • describe technologies for E/O and O/E conversion and optical switches • express the design challenges of future optical systems for fixed and mobile access, data center interconnects, metro-regional, core, ultra-long-haul and submarine networks
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	1) R. Ramaswami and K.N. Sivarajan: "Optical Networks", Morgan Kaufman Publishers, 1998 2) U. Black: "Optical Networks - Third generation transport systems", Prentice Hall, 2002 3) P. Tomsu and Chr. Schmutzer: "Next generation optical networks", Prentice Hall, 2002 4) M. Bossert, M. Breitbach: "Digitale Netze", Teubner Verlag, 1997 5) I. Kaminow and T. Li (eds.): "Optical fiber telecommunications IVA+B", Academic Press, 2002 6) D.E. Comer, „Computernetworks and Internets, Pearson“, 2009 7) G.P. Agrawal, "Fiber optic communication systems", Wiley, 1992, (new 1997) 8) G.P. Agrawal, "Nonlinear fiber optics", Academic Press, 1995 9) K. Petermann: "Laser Diode Modulation and Noise", Kluver, 1991 10) L. Kazovsky et al., „Optical Fiber Communication Systems“, Artech House, 1996 11) K.-P. Ho, „Phase-Modulated Optical Communication Systems“, Springer 2005

1	Module name 92400	Optical communication systems	5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	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 Übertragungsstrecke (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. Die vermittelten Grundlagen werden in der Übung zur Vorlesung durch praxisnahe und anschauliche Simulationsbeispiele vertieft.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • besitzen spezialisiertes und vertieftes Wissen über die Konzeption und Struktur verschiedener optischer Übertragungssysteme. • können die Qualität optischer Datensignale im Kontext verschiedener Systemkonzepte vergleichen und bewerten • sind in der Lage Streckenauslegungen zu entwickeln und zu optimieren. • besitzen methodische Kenntnis zur Bestimmung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit optischer Übertragungsstrecken unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Ergebnisse.
7	Prerequisites	Komponenten optischer Kommunikationssysteme hilfreich aber nicht obligatorisch

8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Agrawal, G.P.: Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley & Sons, 1997 Agrawal, G.P.: Nonlinear Fiber Optics, John Wiley & Sons, 3. Auflage, 2001 Kaminow, I, Koch, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002 Skriptum zur Vorlesung Kaminow, I, Li, T., Willner, A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008

1	Module name 43460	Satellite communication	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung Satellitenkommunikation (2 SWS) Vorlesung: Satellitenkommunikation (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Marcelo Michael Dr. Christian Rohde	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	Contents	Nach einem historischen Rückblick zur Entwicklung der Satellitenkommunikation werden die einzelnen Komponenten eines typischen Gesamtsystems (Boden- und Raumsegment) näher betrachtet. Hierzu zählt der prinzipielle Aufbau von Trägerraketen, von Satelliten (Satellitenplattformen, Subsysteme, Nutzlasten), die meist genutzten Umlaufbahnen und die verschiedenen Kommunikationsverbindungen (Uplink, Downlink, Inter-Satellite-Link). Die Besonderheiten der Signalausbreitung und -übertragung über große Entfernungen zwischen Bodenstationen und Satelliten werden erklärt und mit Beispielen ergänzt. Dabei wird insbesondere eingegangen auf verwendete Frequenzen, Signaldispersion und -dämpfung, atmosphärische Effekte sowie Störeinflüsse der Weltraumumgebung. Die Architektur transparenter und regenerativer Kommunikationseinheiten wird ausführlich an Beispielen kommerziell verfügbarer Transponder und Onboard-Prozessoren erklärt. Die Prinzipien moderner, standardisierter Verfahren zur Signalaufbereitung und Übertragung von Video-/Bild und Audiosignalen über Satellit (z.B. MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X) werden erläutert und diskutiert. Dies umfasst Verfahren zur Quellencodierung, Kanalcodierung und Modulation, Kanalzugriff und -diversität. Außerdem wird auf die im Orbit und im kommerziellen Einsatz befindlichen Kommunikationssatelliten und der damit verbundenen großen Dienstvielfalt eingegangen wie z.B. bei TV- und Breitbandversorgung sowie in Mobilkommunikationssystemen. Abschließend werden einige Herausforderungen und Forschungsansätze im Zusammenhang mit den neuen Megakonstellationen und Next Generation High Throughput Satellites (HTS) für zukünftige Satellitensysteme vorgestellt. Die in der Vorlesung behandelten physikalischen, elektro- und nachrichtentechnischen Zusammenhänge werden in den ergänzenden Übungen mit Rechenbeispielen vertieft. Gliederung der Vorlesung: 1. Einführung:

Überblick über die Hauptkomponenten, Satelliten, Anwendungen und Dienste, sowie Orbits, Aufgaben und Frequenzen der Satellitennetzwerke

2. Historie der Satellitenkommunikation:

Wichtige Meilensteine, Entwicklung in Europa und Deutschland

3. Orbits und Konstellationen:

Keplersche Gesetze, Beschreibung von Orbits, verwendete Umlaufbahnen, Bodenspuren, erreichbare Abdeckung

4. Trägersysteme:

Trägerraketen, Entwicklung, Anbietermarkt, Nutzlastfähigkeit, Startplätze, Startverlauf

5. Satellitenaufbau:

Auswahl aktueller Satellitenplattformen, Satellitenaufbau, Plattformkomponenten, Montageschritte und Tests

6. Satellitennutzlast (Payload):

Komponenten, Industrielle Beispiele, Aufbau und Aufgaben der Payload, Transponderarchitekturen, Antennen

7. Signalausbreitung und Leistungsbilanz:

Signalausbreitung, Freiraumverluste, Signaldämpfung, Rauschen, Signal-Rausch-Verhältnis, Linkbudget

8. Weltraumumgebung: Weltraumumgebungsbedingungen, Einflüsse auf den Satelliten und die Elektronik der Nutzlast

9. Quellencodierung:

Audio-, Bild- und Videokompression des Content des Satellitenfernsehens

10. Signalmodulation und Kanalcodierung:

Signalkonstellationen, Modulation und Codes zur Fehlerkorrektur

11. Diversitäts- und Zugriffsverfahren:

Medium Access, Duplextechniken, Multiplexmethoden, Diversitätstechniken

12. Moderne Satellitenkommunikationssysteme:

Rundfunksysteme wie Sirius XM Satellite Radio, zellulare Internetversorgung mittels Satellitenkommunikation

13. Neueste Themen aus Forschung und Entwicklung

SatKom auf StudOn: <http://www.studon.uni-erlangen.de/crs117969.html>

After a historical retrospective about the developments in satellite communication, the core components of a typical satellite system (ground- and space-segment) are introduced. The principles and architectures of rockets/ carriers, satellites (platform, subsystems, payload), used orbits, and the various communication links (uplink, downlink, inter-satellite-link) are shown. The special features and properties of signal transmission over such large distances are explained and stuffed with examples. In particular, more details are provided on the used frequencies, signal dispersion and attenuation, atmospheric effects as well as impairments due to space environment.

The architecture of transparent and regenerative communication payloads are described in detail, accompanied by corresponding examples of commercially used transponders and onboard-processors and their technology.

The principles of modern standardized methods for signal transmission and preparation of video-/image- and audio-signals via satellite, e.g., MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X, are illustrated and discussed. This includes methods for efficient source coding, channel coding and modulation, channel access and diversity schemes.

Furthermore, the currently available communication satellites in orbit and the related variety of commercial services are introduced like, e.g., TV- and broadband services as well as mobile communication services and systems. Based on that, a few challenges and perspectives for research and development for future satellite systems are highlighted with respect to the upcoming new mega constellations and next generation high throughput satellites (HTS).

		The physical, electro-technical and communications concepts and schemes shown in the lectures are complemented by tutorials with sample calculations. Table of contents: 1. Introduction: Overview of main components, satellites, applications and services, orbits, tasks, frequencies, satellite networks 2. History of satellite communications: Major milestones, development in Europe and Germany 3. Orbits and constellations: Kepler's laws, description of orbits, orbits used, ground tracks, achievable coverage 4. Launcher systems: Launch vehicles, providers, payload capabilities, launch sites, launch history 5. Satellite structure: Selection of current satellite platforms, satellite structure, platform components, assembly steps and tests 6. Payload: Components, structure and tasks of payload, transponder architecture, antennas 7. Signal propagation and link budget: Signal propagation, free space losses, signal attenuation, noise, signal to noise ratio, link budget 8. Space environment: Space environmental conditions, influences on the satellites and payload electronics 9. Source coding: Audio, image and video compression - the satellite TV broadcasting content 10. Signal modulation and channel coding: Signal constellations, modulation and error correction coding 11. Diversity and access schemes: Medium access, duplex methods, multiplex methods, diversity techniques 12. Modern satellite communications systems: Broadcasting systems like Sirius XM Satellite Radio, satellite cellular broadband communication 13. Latest topics in research and development
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden bekommen einen guten Überblick über alle Aspekte der Satellitenkommunikation inklusive Historie.

		• Die Studierenden lernen die weltweit führenden oder in Europa ansässigen Firmen und Organisationen kennen, die in den Bereichen Satellitenbau und -betrieb, Satellitendienste bzw. -anwendungen, sowie Forschung und Entwicklung tätig sind. • Die Studierenden können die Herausforderungen der Weltraumumgebung sowie Vor- und Nachteile verschiedener Orbits einschätzen und wichtige Kenngröße berechnen • Die Studierenden lernen die Signalverarbeitungsschritte im Sender, Satelliten und Empfänger kennen - von der Audio/Video-Quelle über Link-Budget-Berechnungen bis zur Datensinke. • Die Studierenden lernen den Aufbau und wichtige Kenngrößen von Satelliten, Konstellationen und Launchern kennen und dabei verwendete Konzepte zu unterscheiden und zu klassifizieren bzgl. deren Vor- und Nachteilen.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich (91 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Lehrveranstaltung

1	Module name 96410	Schaltungen und Systeme der Übertragungstechnik	5 ECTS
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	Victor Shatov Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi Maximilian Lübke Maximilian Lübke	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	
5	Contents	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-Abstandsreglung spielen hier eine wichtige Rolle. In diesem Modul werden diese modernen Entwicklungen adressiert und die dafür notwendigen Grundlagen erarbeitet. Grundlagen: • Funkkanaleigenschaften • Modellierung • Modulation, Codierung, Vielfachzugriff Fahrzeugkommunikationssysteme: • Übertragungssysteme für die Fahrassistenz • Car-to-Car und Car-to-X-Kommunikation • Breitbandige In-Car-Datenübertragung Fahrzeugsensorik: • Fahrzeugortung (lokal und global) • Automobilradar und Umfeldüberwachung • Sensorische Erfassung von Bioparametern im Fahrzeug	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden sind nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul in der Lage: Funkkanaleigenschaften und Modelle für spezifische Anwendungs- und Betriebsszenarien anzuwenden	

		Modulationstechniken zu erläutern und zu analysieren Moderne Codierungs- und Vielfachzugriffstechniken zu erläutern Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugkommunikationssystemen zu erläutern und zu analysieren Architekturen und Anwendungen von Fahrzeugsensoriksystemen zu erläutern und zu analysieren
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96430	Statistical signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Ergänzungen und Übungen zur statistischen Signalverarbeitung (1 SWS) Vorlesung: Statistische Signalverarbeitung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Haubner Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	Contents	The course concentrates on fundamental methods of statistical signal processing and their applications. The main topics are: *Discrete-time stochastic processes in the time and frequency domain* 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). *Estimation theory* estimation criteria, prediction, classical and Bayesian parameter estimation (including MMSE, Maximum Likelihood, and Maximum A Posteriori estimation), Cramer-Rao bound *Linear signal models* 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) *Signal estimation* 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) *Adaptive filtering* Gradient methods, LMS, NLMS, APA and RLS algorithms and their convergence behavior

		Zeitdiskrete Zufallsprozesse im Zeit- und Frequenzbereich 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; *Schätztheorie* Schätzkriterien; Prädiktion; klassische und Bayessche Parameterschätzung (inkl. MMSE, Maximum Likelihood, Maximum A Posteriori); Cramer-Rao-Schranke *Lineare Signalmodelle* 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; *Signalschätzung* 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); *Adaptive Filterung* Gradientenverfahren; LMS-, NLMS-, APA- und RLS-Algorithmus und Ihr Konvergenzverhalten.
6	Learning objectives and skills	The students: • 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 • know the Gaussian distribution and its role to describe the properties of random variables, vectors and processes • understand the differences between classical and Bayesian estimation, derive and analyze MMSE and ML estimators for specific estimation problems, especially for signal estimation • analyze and evaluate optimum linear MMSE estimators (single- and multichannel Wiener filter and Kalman filter) for direct and inverse supervised estimation problems

		• evaluate adaptive filters for the identification of optimum linear estimators. Die Studierenden • analysieren die statistischen Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und stochastischen Prozessen mittels Wahrscheinlichkeitsdichten und Erwartungswerten, bzw. Korrelationsfunktionen, Korrelationsmatrizen und deren Frequenzbereichsdarstellungen • kennen die spezielle Rolle der Gaußverteilung und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und Prozessen • verstehen die Unterschiede klassischer und Bayesscher Schätzung, entwerfen und analysieren MMSE- und ML-Schätzer für spezielle Schätzprobleme, insbesondere zur Signalschätzung • analysieren und evaluieren lineare MMSE-optimale Schätzer (ein- und vielkanalige Wiener-Filter und Kalman-Filter) für direkte und inverse überwachte Schätzprobleme; • evaluieren adaptive Filter zur Identifikation optimaler linearer Signalschätzer
7	Prerequisites	Module Signale und Systeme I und Signale und Systeme II, Digitale Signalverarbeitung oder gleichwertige
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	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)

1	Module name 43420	Transmission and detection for advanced mobile communications	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Transmission and Detection for Advanced Mobile Communications (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker
5	Contents	The aim of this lecture is that the students acquire a basic knowledge of advanced transmission and detection techniques which are relevant to practical mobile communications systems. In the first part, it is shown how equalization schemes like decision-feedback equalization (DFE) and maximum-likelihood sequence estimation (MLSE) can be applied to the GSM/EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) standard. Also, channel estimation for GSM/EDGE is covered. In GSM/EDGE, disturbance by interfering signals of other users is a further major problem. Therefore, interference cancellation algorithms are discussed in detail. The cases of several receive antennas and one receive antenna (single antenna interference cancellation) are distinguished. Several receive antennas can be also utilized for increasing the robustness against fading, applying diversity combination techniques. In the case of the availability of several transmit antennas only, additional space-time coding has to be used for realization of diversity gains. These aspects are also discussed in depth. Furthermore, an introduction to code-division multiple access (CDMA) transmission is given and it is shown how CDMA is applied in the UMTS system. The lecture is concluded by an introduction to digital transmission in the Long Term Evolution (LTE) system.
6	Learning objectives and skills	The students • describe basic equalization algorithms such as decision-feedback equalization (DFE) and maximum-likelihood sequence estimation (MLSE), • apply equalization algorithms to the GSM / Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) mobile communication system, • formulate channel estimation methods for mobile communication systems, • characterize the interference problem in GSM / EDGE, - design interference suppression schemes for GSM/EDGE for receivers with a single antenna (single antenna interference cancellation) and multiple antennas, respectively, • characterize the performance of mobile communication networks for different reception schemes, • devise receivers for the realization of diversity gains for multiple receive antennas,

		• design space-time coding schemes for the realization of diversity gains for multiple transmit antennas, • describe transmission schemes which are based on code-division multiple access (CDMA), • apply reception techniques for CDMA to the UMTS system, • characterize the uplink transmission in the Long Term Evolution (LTE) system, • develop receivers for LTE. Die Studierenden • beschreiben grundlegende Entzerrverfahren wie entscheidungsrückgekoppelte Entzerrung (Decision-Feedback Equalization, DFE) und Maximum-Likelihood-Sequenzschätzung (Maximum-Likelihood Sequence Estimation, MLSE), • wenden Entzerrverfahren auf das GSM/EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) Mobilfunksystem an, • formulieren Kanalschätzverfahren für Mobilfunksysteme, • charakterisieren das Interferenzproblem bei GSM/EDGE, • entwerfen Interferenzunterdrückungsverfahren für GSM/EDGE für Empfänger mit einer Antenne (Single Antenna Interference Cancellation) und mehreren Antennen, • bewerten die Leistungsfähigkeit von Mobilfunknetzen bei Einsatz verschiedener Empfangsverfahren, • konzipieren Empfänger zur Realisierung von Diversitätsgewinnen bei empfangsseitiger Antennendiversität • entwerfen Space-Time-Codiervverfahren zur Realisierung von Diversitätsgewinnen bei sendeseitiger Antennendiversität, • beschreiben auf Code-Division Multiple Access (CDMA) basierende Übertragungsverfahren, • wenden Empfangsverfahren für CDMA auf das UMTS-System an, • charakterisieren die Aufwärtsstrecke von Long Term Evolution (LTE), • entwerfen Empfänger für LTE.
7	Prerequisites	Systemtheorie, Nachrichtenübertragung
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Lecture notes

Compulsory elective module

1	Module name 869547	Advanced networking LEx	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Networking (2 SWS) Übung: Advanced Networking Exercises (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher Dr.-Ing. Peter Bazan	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher
5	Contents	Für die durch Big Data, Cloud Computing, Internet-of-Things (IoT) und mobile Endgeräte hervorgerufenen Herausforderungen sind neue Architekturen für Rechnernetze entstanden: Software-Defined-Networking (SDN) entkoppelt die Data Plane (Weiterleitung von Paketen, auf handelsüblicher Hardware) und die Control Plane (Steuerung, auf leistungsfähigen Plattformen) und bietet offene Programmierschnittstellen; Network Functions Virtualization (NFV) erweitert Konzepte zur Server- und Netzwerkvirtualisierung, so dass bisher auf proprietärer Hardware ausgeführte Netzwerkfunktionen (wie z.B. Routing) ebenfalls virtualisiert und auf handelsüblicher Hardware ausgeführt werden können. Die Vorlesung stellt hinter diesen Technologien stehende Konzepte und Standards vor und zeigt, wie sie für Rechenzentren, für Cloud- und Fog-Computing und für IoT-Anwendungen eingesetzt werden können. Content: New architectures for computer networks have emerged to meet the challenges posed by Big Data, Cloud Computing, Internet-of-Things (IoT) and mobile devices: Software-Defined-Networking (SDN) decouples the data plane (forwarding of packets, on commercially available hardware) and the control plane (control, on powerful platforms) and offers open programming interfaces; Network Functions Virtualization (NFV) extends concepts for server and network virtualisation, so that network functions (such as routing) previously executed on proprietary hardware can also be virtualised and executed on commercially available hardware. The lecture introduces concepts and standards behind these technologies and shows how they can be used for data centres, for cloud and fog computing and for IoT applications.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Die Studierenden erlangen Verständnis der grundlegenden Konzepte von • Software Defined Networking • Network Function Virtualization

		• Internet of Things • Cloud Computing. Anwenden Die Studierenden wenden die Erkenntnisse in Übungsaufgaben an. Erschaffen Die Studierenden erstellen eigene Laborkonfigurationen zu • Software Defined Networking • Internet of Things. Competences: Professional competence Understanding Students will gain an understanding of the basic concepts of • Software Defined Networking • Network Function Virtualization • Internet of Things • Cloud Computing. Apply Students apply the knowledge gained in exercises. Create The students create their own laboratory configurations on • Software Defined Networking • Internet of Things.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	William Stallings: Foundations of Modern Networking - SDN, QoE, IoT, and Cloud; Pearson

1	Module name 965820	Approximate computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Approximate Computing (0 SWS) Vorlesung: Approximate Computing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Chetana Pradhan Pierre-Louis Sixdenier Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Prof. Dr. Oliver Keszöcze	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr. Oliver Keszöcze Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	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. 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. 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).
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen - The students know the principles and benefits of Approximate Computing and when it is applicable. - The students know multiple error metrics and their semantic meaning. Fachkompetenz - Verstehen - The students understand the difference between the error metrics. - The students understand the principle of function falsification. - The students can apply the presented approximation techniques.

		Fachkompetenz - Anwenden The students are capable of choosing the appropriate approximation technique based on given requirements.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/approximate-computing

1	Module name 901895	Deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Deep Learning (2 SWS) Übung: Deep Learning Exercises (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Leonhard Rist Zijin Yang	

4	Module coordinator	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner
5	Contents	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. This lecture introduces the core elements of neural networks and deep learning, it comprises: • (multilayer) perceptron, backpropagation, fully connected neural networks • loss functions and optimization strategies • convolutional neural networks (CNNs) • activation functions • regularization strategies • common practices for training and evaluating neural networks • visualization of networks and results • common architectures, such as LeNet, Alexnet, VGG, GoogleNet • recurrent neural networks (RNN, TBPTT, LSTM, GRU) • deep reinforcement learning • unsupervised learning (autoencoder, RBM, DBM, VAE) • generative adversarial networks (GANs) • weakly supervised learning • applications of deep learning (segmentation, object detection, speech recognition, ...) The accompanying exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks.
6	Learning objectives and skills	The students • explain the different neural network components, • compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks, • compare and analyze different CNN architectures, • explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning, • explain deep reinforcement learning, • explain different deep learning applications, • implement the presented methods in Python,

		• autonomously design deep learning techniques and prototypically implement them, • effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer, • autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature, • discuss the social impact of applications of deep learning applications.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016. • Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 • Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton: Deep learning. Nature 521, 436444 (28 May 2015)

1	Module name 93015	Introduction to modern cryptography	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Einführung in die moderne Kryptographie (4 SWS) Übung: Einführung in die moderne Kryptographie (Übung) (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Dominique Schröder	

4	Module coordinator	Carina Harrius Prof. Dr. Dominique Schröder
5	Contents	This course gives a comprehensive introduction to modern cryptography. The course also serves as a base for other courses on cryptography that are offered by the chair. The topics covered are the following: • Information theoretic security • Computational security • Private key Encryption • Message Authentication Codes • Hash functions • Public key Encryption • Digital Signatures More advanced topics may be covered if time permits.
6	Learning objectives and skills	On successfully passing the course, the student is guaranteed to be knowledgeable on the basic concepts of provable security.
7	Prerequisites	No previous knowledge in Cryptography or computer Security is required.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Introduction to Modern Cryptography Jonathan Katz and Yehuda Lindell 2nd Edition (2014) (Chapman & Hall/CRC Cryptography and Network Security Series) ISBN-13: 978-1466570269

1	Module name 645618	Human computer interaction	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Madeleine Flaucher Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher Wolfgang Mehringer Anastasiya Zakreuskaya
5	Contents	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. Die folgenden Themen werden im Modul behandelt: • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung 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: • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction • Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Learning objectives and skills	• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. Learning Objectives and Competences: • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44130	Pattern recognition	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Pattern Recognition Exercises (1 SWS) Vorlesung: Pattern Recognition (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Siming Bayer Paul Stöwer Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods: • Bayesian classifier • Logistic Regression • Naive Bayes classifier • Discriminant Analysis • norms and norm dependent linear regression • Rosenblatt's Perceptron • unconstraint and constraint optimization • Support Vector Machines (SVM) • kernel methods • Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs) • Independent Component Analysis (ICA) • Model Assessment • AdaBoost Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren: • Bayes-Klassifikator • Logistische Regression • Naiver Bayes-Klassifikator • Diskriminanzanalyse • Normen und normabhängige Regression • Rosenblatts Perzeptron • Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen • Support Vector Maschines (SVM) • Kernelmethoden • Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs) • Analyse durch unabhängige Komponenten • Modellbewertung • AdaBoost
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster • erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren

		• wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsproblem an • beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung • verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren Students • understand the structure of machine learning systems for simple patterns • explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques • apply classification techniques in order to solve given classification tasks • evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem • understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python
7	Prerequisites	• Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus • The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful. • Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung • Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	• Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&Sons, New York, 2001 • Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009

	• Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006

1	Module name 399289	Programming and architecture of computer clusters	7,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43960	Self-Organized Networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Self-organized networks (Ex) (2 SWS) Vorlesung: Self-organized networks (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	Self-organized networks (2,5 ECTS) Self-organization refers to processes in physical and biological systems which form patterns by interactions of internal parts of the system and/or their interactions with the environment without any form of external interventions. The resulting organization of systems in this case is fully decentralized and distributed over their parts. There are numerous examples of self-organizing systems e.g. flock of birds, neural learning, evolutionary computation, swarm of robots, and self-organizing networks. The principles of self-organization are applied in different communication technologies such as wired and wireless networks. Transport Control Protocol (TCP), Carrier Sense Multiple Access (CSMA), Adaptive Modulation and Coding (AMC) are some examples of self-organized protocols. Besides, Self-Organizing Network (SON) has been defined by 3GPP as the standardization organization of cellular networks. SON refers to the functionality of cellular systems (e.g. 4G and 5G) which enables the system to perform self-configuration, self-optimization and self-healing. Artificial intelligence and mostly machine learning algorithms play an important role in the implementation of SON. This course aims to give you an insight to the self-organization systems and specially self-organizing networks and illustrate the importance of AI and ML in their implementation. The content of this course includes: • ◦ Self-organizing features and protocols in communication networks ◦ In wired networks ◦ In wireless networks § IEEE 802.11 § Ad hoc and sensor networks § UAV networks ◦ Self-Organizing Networks (SON) in 4G and 5G § Self-configuration § Self-optimization § Self-healing Methods for implementation of self-organizing systems ◦ Bio-inspired methods ◦ Artificial intelligence The final exam is in a written form where students should answer to questions based on the lectures, slides and their understating and analysis from the content of the course.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature review on self-organizing networks (2,5 ECTS) The exercise of this course includes a literature review research project where students work individually on a relevant topic. The steps to accomplish the research project are as follows: A. Select a topic relevant to self-organizing networks and register it by email B. Search for the relevant papers and make a list of papers C. Study the papers and prepare a summary D. Present the outcomes

1	Module name 97090	Simulation and modelling I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Simulation and Modeling 1 (2 SWS) Vorlesung: Simulation and Modeling 1 (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Lisa Maile Jonathan Fellerer Prof. Dr. Reinhard German	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Das Modul vermittelt die Grundlagen der diskreten Ereignissimulation und beinhaltet • diskrete Simulation • analytische Modellierung (z.B. Warteschlangen) • Eingabemodellierung (z.B. Fitting-Verfahren) • Zufallszahlenerzeugung • statistische Ausgabeanalyse • Modellierungsparadigmen (u.a. Ereignis-/Prozessorientierung, Warteschlangen, Automaten, Petri-Netze, UML, graphische Bausteine) • kontinuierliche und hybride Simulation • Simulationssoftware • Fallstudien Content: Overview of the various kinds of simulation • discrete simulation (computational concepts, simulation of queuing systems, simulation in Java, professional simulation tools) • required probability concepts and statistics, modeling paradigms (e.g., event/process oriented, queuing systems, Petri nets, UML statecharts) • input modeling (selecting input probability distributions) • random number generation (linear congruential generators and variants, generating random variates) • output analysis (warm-up period detection, independent replications, result presentation) • continuous and hybrid simulation (differential equations, numerical solution, hybrid statecharts) • simulation software, case studies, parallel and distributed simulation.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben Kenntnisse über Verfahren und Realisierungsmöglichkeiten der diskreten Simulation mit Ausblick auf andere Simulationsarten

		• erwerben Kenntnisse über statistische Aspekte der Simulation, die für die Anwendung wichtig sind • wenden statistische Methoden zur Analyse und Bewertung von Eingabe- sowie Ausgabedaten an • erwerben praktische Erfahrung mit kommerziellen Simulationswerkzeugen • erwerben Erfahrungen bei der Simulation in verschiedenen Anwendungsbereichen (u.a. Rechnernetze, Fertigungssysteme, Materialflusssysteme) • entwickeln eigenständig anhand von Beispielaufgaben Simulationsmodelle unter Verwendung verschiedener Modellierungsparadigmen • können in Gruppen kooperativ und verantwortlich arbeiten Learning targets and competences: Students gain knowledge about methods and realization possibilities of discrete simulation with an outlook on other types of simulation gain knowledge of statistical aspects of simulation that are important for practice apply statistical methods for analysis and evaluation of input and output data gain hands-on experience with commercial simulation tools gain experience in simulation in various fields of application (including computer networks, manufacturing systems, material flow systems) independently develop simulation models on the basis of sample tasks using different modeling paradigms can work in groups cooperatively and responsibly
7	Prerequisites	elementare Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Java, Mathematikkenntnisse in Analysis, wie z.B. im 1. Semester der angewandten Mathematik vermittelt Recommended background knowledge: basic programming skills, preferably in Java, mathematics skills in analysis, such as taught in the first semester in applied mathematics.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Law, "Simulation Modeling and Analysis, 5th ed., McGraw Hill, 2014

1	Module name 593320	Connected mobility and autonomous driving	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Connected Mobility and Autonomous Driving (Exercises) (2 SWS) Vorlesung: Connected Mobility and Autonomous Driving (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Anatoli Djanatljev	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Anatoli Djanatljev
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Verständnis grundlegender Konzepte u.a. von • Ad-Hoc Kommunikation • Mobilfunkkommunikation • Verkehrsplanung • Architekturen • Fahrzeug als Teil eines Mobilitäts-Ökosystems • Innovative Dienste Anwenden Bearbeitung von Übungsaufgaben Analysieren

		• Unterschiede zwischen unterschiedlichen Kommunikationstechnologien und Architekturen aufdecken • Relevante Zukunftsszenarien aufbauen Evaluieren (Beurteilen) Anwendung von Simulation und Modellierung zur Evaluierung zukünftiger Szenarien und Fallstudien.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	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

Compulsory modules

1	Module name 44130	Pattern recognition	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Pattern Recognition Exercises (1 SWS) Vorlesung: Pattern Recognition (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Siming Bayer Paul Stöwer Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods: • Bayesian classifier • Logistic Regression • Naive Bayes classifier • Discriminant Analysis • norms and norm dependent linear regression • Rosenblatt's Perceptron • unconstraint and constraint optimization • Support Vector Machines (SVM) • kernel methods • Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs) • Independent Component Analysis (ICA) • Model Assessment • AdaBoost Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren: • Bayes-Klassifikator • Logistische Regression • Naiver Bayes-Klassifikator • Diskriminanzanalyse • Normen und normabhängige Regression • Rosenblatts Perzeptron • Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen • Support Vector Maschines (SVM) • Kernelmethoden • Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs) • Analyse durch unabhängige Komponenten • Modellbewertung • AdaBoost
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster • erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren

		• wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsproblem an • beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung • verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren Students • understand the structure of machine learning systems for simple patterns • explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques • apply classification techniques in order to solve given classification tasks • evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem • understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python
7	Prerequisites	• Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus • The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful. • Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung • Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	• Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&Sons, New York, 2001 • Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009

	• Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006

1	Module name 96430	Statistical signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Ergänzungen und Übungen zur statistischen Signalverarbeitung (1 SWS) Vorlesung: Statistische Signalverarbeitung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Haubner Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	Contents	The course concentrates on fundamental methods of statistical signal processing and their applications. The main topics are: *Discrete-time stochastic processes in the time and frequency domain* 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). *Estimation theory* estimation criteria, prediction, classical and Bayesian parameter estimation (including MMSE, Maximum Likelihood, and Maximum A Posteriori estimation), Cramer-Rao bound *Linear signal models* 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) *Signal estimation* 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) *Adaptive filtering* Gradient methods, LMS, NLMS, APA and RLS algorithms and their convergence behavior

		Zeitdiskrete Zufallsprozesse im Zeit- und Frequenzbereich 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; *Schätztheorie* Schätzkriterien; Prädiktion; klassische und Bayessche Parameterschätzung (inkl. MMSE, Maximum Likelihood, Maximum A Posteriori); Cramer-Rao-Schranke *Lineare Signalmodelle* 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; *Signalschätzung* 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); *Adaptive Filterung* Gradientenverfahren; LMS-, NLMS-, APA- und RLS-Algorithmus und Ihr Konvergenzverhalten.
6	Learning objectives and skills	The students: • 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 • know the Gaussian distribution and its role to describe the properties of random variables, vectors and processes • understand the differences between classical and Bayesian estimation, derive and analyze MMSE and ML estimators for specific estimation problems, especially for signal estimation • analyze and evaluate optimum linear MMSE estimators (single- and multichannel Wiener filter and Kalman filter) for direct and inverse supervised estimation problems

		• evaluate adaptive filters for the identification of optimum linear estimators. Die Studierenden • analysieren die statistischen Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und stochastischen Prozessen mittels Wahrscheinlichkeitsdichten und Erwartungswerten, bzw. Korrelationsfunktionen, Korrelationsmatrizen und deren Frequenzbereichsdarstellungen • kennen die spezielle Rolle der Gaußverteilung und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften von Zufallsvariablen, -vektoren und Prozessen • verstehen die Unterschiede klassischer und Bayesscher Schätzung, entwerfen und analysieren MMSE- und ML-Schätzer für spezielle Schätzprobleme, insbesondere zur Signalschätzung • analysieren und evaluieren lineare MMSE-optimale Schätzer (ein- und vielkanalige Wiener-Filter und Kalman-Filter) für direkte und inverse überwachte Schätzprobleme; • evaluieren adaptive Filter zur Identifikation optimaler linearer Signalschätzer
7	Prerequisites	Module Signale und Systeme I und Signale und Systeme II, Digitale Signalverarbeitung oder gleichwertige
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Pflichtmodule Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	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)

Compulsory elective module

1	Module name 151664	Advanced communication networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Advanced Communication Networks - Tutorial (0 SWS) Vorlesung: Advanced Communication Networks (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Walid Ghanem Prof. Dr. Laura Cottatellucci	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	Telecommunications have become ubiquitous in daily life and wireless networks play a fundamental role thanks to their capability to support mobility. In a wireless communication, the concept of link does not exist. Users radiate energy and communicate through the superposition of each others transmissions which creates interference. Compared to wireline networks this scenario is extremely challenging but also offers unpredictable opportunities in the development of new technologies (massive MIMO, cognitive radio, etc.) and exploitation of new features, e.g., opportunistic communications and multiuser diversity. The exponentially increasing request of higher and higher throughput is satisfied densifying users and access points per unit area and allowing more and more interference while adopting advanced techniques and innovative resource allocation to mitigate the detrimental effects of interference. Objective of this course is to introduce the student to advanced techniques for coordinated medium access control and radio resource management in cellular systems. Power allocation, rate adaptation and scheduling will be discussed both in centralized and distributed settings. Some mathematical methods play a fundamental role in resource allocation, namely, classical Perron-Frobenius theory for nonnegative matrices, convex and nonconvex constrained optimization, distributed optimization and game theory. The course introduces the student to such methods and exemplifies their application to various resource allocation problems. Additionally, the course addresses relevant aspects of resource allocation in wireless networks such as fairness and cross-layer design. *Technical Content* • Properties and challenges of the wireless medium. • Basic concepts of communication networks: the layered architecture. • Evolution of wireless cellular network architectures: From Global System for Mobile to Advanced-Long Term Evolution. • Multiple Access Schemes: CSMA variants, TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA, SC-FDMA, SDMA. • Uplink-downlink duality. • Opportunistic scheduling and multiuser diversity.

		• Advanced concepts: small cells and heterogeneous networks, relaying and cooperation, network coding, cognitive radio networks. • Basics of resource allocation: power allocation, rate adaptation, and scheduling. • Classical resource allocation techniques: Centralized and distributed power control based on the Perron-Frobenius theorem. • Fundamentals of convex constrained optimization and application to resource allocation. • Resource allocation and fairness. • Fundamentals of nonconvex optimization and relaxation techniques. • Applications of nonconvex optimization to resource allocation. • Fundamentals of distributed optimization and applications to resource allocation. • Fundamental concepts of game theory. • Resource contention via game theoretical methods.
6	Learning objectives and skills	The student • Describes and/or recognizes wireless channel models. • Criticizes the limits of a layered architecture in wireless systems. • Defends the use of cross-layer design in wireless network. • Appraises and compares the distribution of functionalities in network entities for different architectures. • Argue on the pros and contras of different multiple access schemes according to various criteria (e.g. spectral efficiency, power efficiency, robustness to interference). • Compares and contrasts micro-diversity and various macro-diversity schemes. • Computes the total rate of SDMA with various receivers. • Relates the multiple access in uplink to broadcasting in downlink and justifies the concept of uplink-downlink duality. • Uses uplink-downlink duality to design a precoder and allocate power. • Contrasts multiple access in uplink and broadcasting in downlink in terms of channel state acquisition both for TDD and FDD transmission. • Uses multiuser diversity for opportunistic scheduling. • Compares multiuser diversity for users having identical and different channel statistics. • Contrasts opportunistic scheduling in terms of channel state acquisition and feedback both for uplink and downlink and for both FDD and TDD transmission schemes. • Appraises the impact of multiple antennas on opportunistic scheduling. • Analyses different settings with interference in small cells and designs countermeasures. • Categorizes relaying schemes in LTE.

		- Analyses performance of relaying schemes. - Argues on possible improvements of relaying schemes via network coding and physical layer network coding. - Uses the Perron-Frobenius theorem to allocate power in a centralized manner. - Judges the feasibility of a power control problems and formulates alternative approaches in case of unfeasibility. - Uses the Perron-Frobenius theorem to design a distributed power control scheme. - Judges the convergences of distributed power control based on the Perron-Frobenius theorem and appraises the robustness of asynchronous power control. - Applies techniques of convex optimization to discriminate convex problems and determine necessary and/or sufficient conditions for global optimality. - Judges the applicability of KKT conditions and duality. - Uses KKT conditions to solve convex optimization problems. - Uses duality to solve convex optimization problems. - Applies convex optimization to resource allocation in wireless communications. - Compares different definitions of fairness and applies them to rate allocation. - Appraises the effect of channel knowledge at the transmitter on different fairness criteria. - Applies KKT conditions for opportunistic user scheduling. - Describes a proportional fair algorithm for opportunistic scheduling. - Applies relaxation to nonconvex quadratic constrained quadratic programming. - Formulates resource allocation problems as constrained optimization programming. - Contrasts various distributed optimization methods. - Applies the concept of best response to determine Nash equilibria. - Argues about existence and uniqueness of Nash equilibria. - Assesses if a given game is a potential game and solves it. - Defends the concept of Pareto optimality in resource allocation. - Contrasts the concepts of pure and mixed strategies in game theory. - Uses coupled constrained concave game to allocate powers in heterogeneous networks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 947709	Auditory models	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Auditory Models (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Bernd Edler	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernd Edler
5	Contents	• Main components of the human auditory system • Common models • Mechanical models • Physiological models • Psychoacoustic models • Applications (hearing aids, audio coding, . . .)
6	Learning objectives and skills	Goals • Students understand the structure and function of the human auditory system • Students gain deeper insight into psychoacoustic phenomena, such as masking, directional and spatial hearing • Students implement and evaluate perceptual models for various applications • Students collaborate with scientists in the fields of audiology and neuroscience
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96875	Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Ausgewählte Kapitel der Audiodatenreduktion (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre
5	Contents	Perceptual audio coding is ubiquitous in modern life (mp3 players, mobile phones, DVD players, computers, ...) Based on related classes (esp. Speech and Audio Processing"), this lecture aims at deepening the understanding of modern algorithms for perceptual source coding of audio. It includes an overview of the most relevant standardized coders, starting with MPEG-1 (incl. mp3) via MPEG-4 all the way to the most recent MPEG Audio standard. The significant algorithms are discussed and new approaches are described. The selected topics include: Efficient coding of several audio channels / parametric multi- channel coding Typical coding artifacts; subjective and objective quality assessment Scalable audio coding Bandwidth extension Semi-parametric audio coding Low-delay audio coding The lecture includes a number of demonstrations and audio examples to illustrate the discussed algorithms.
6	Learning objectives and skills	• Wissen - Die Studenten kennen die Hauptkomponenten eines gehörangepassten Audiocodecs, sowie die wichtigsten Algorithmen, Codierstrategien und Bewertungsmethoden. Weiterhin kennen sie die Terminologie und gängige Abkürzungen aus diesem Kontext. • Verstehen - Die Studenten verstehen, wie Designentscheidungen in Audiocodecs die letztendlich erreichte Audioqualität beeinflussen, verstehen die gebräuchlichsten Tools aus dem Bereich der gehörangepasste Audiocodierung und wie verschiedene Anwendungsszenarien das Coderdesign bestimmen. • Anwenden - Die Studenten können übliche mathematische Analysemethoden verwenden, um einfache Coder-Componenten zu beschreiben und gegebenenfalls zu modifizieren.

		• Analysieren - Die Studenten können Audiocodierungs-Standards und wahrnehmungsbasierte Messwerkzeuge dazu analysieren um die zugrundeliegenden Konzepte und Anforderungen zu erfassen. • Evaluieren (Beurteilen) - Die Studenten können Audiocodierungs-Standards und wahrnehmungsbasierte Messwerkzeuge evaluieren um zu beurteilen, welcher Standard bzw. welches Messwerkzeug das passendste ist für einen bestimmten Anwendungsfall. • Synthese - Die Studenten können eine Liste von Anforderungen und Bewertungskriterien für Audiocodern zusammenstellen für gewünschte Anwendungsfälle. • Lern- bzw. Methodenkompetenz - Die Studenten hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96312	Image, video and multidimensional signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Punktoperationen* Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur *Binäroperationen* Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing *Farbräume* Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum *Mehrdimensionale Signale und Systeme* Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter *Interpolation von Bildsignalen* Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation *Merkmalsdetektion in Bildern* Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix *Skalierungsraumdarstellung* LoG, DoG, SIFT, SURF *Bildabgleich* Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC *Bildsegmentierung* Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos

Bildverarbeitung im Transformationsbereich

Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT

Content:

Point operations

Histogram equalization, gamma correction

Binary operations

Morphological filters, erosion, dilation, opening, closing

Color spaces

Trichromacy, red-green-blue color spaces, color representation using hue, saturation and value of intensity

Multidimensional signals and systems

Theory of multidimensional signals and systems, impulse response, linear image filtering, power spectrum, Wiener filtering

Interpolation of image signals

Bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, spline interpolation

Image feature detection

Image features, edge detection, Hough transform, Harris corner detector, texture features, co-occurrence matrix

Scale space representation

Laplacian of Gaussian, difference of Gaussian, scale invariant feature transform, speeded-up robust feature transform

Image matching

Projective transforms, block matching, optical flow, feature-based matching using SIFT and SURF, random sample consensus algorithm

Image segmentation

Amplitude thresholding, k-means clustering, Bayes classification, region-based segmentation, combined segmentation and motion estimation, temporal segmentation of video

		Transform domain image processing Unitary transform, Karhunen-Loeve transform, separable transform, Haar and Hadamard transform, DFT, DCT
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur • testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten • unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten • erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale • berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales • bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation • überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale • analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces • erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten • segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren • verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden. The students • understand point operations for image data and gamma correction • test the effects of rank order and median filters for image data • evaluate and differentiate between different color spaces for image data • explain the principle of two-dimensional linear filtering for image signals • calculate and evaluate the two-dimensional discrete Fourier transform of an image signal • determine enlarged discrete image signals by bi-linear and spline interpolation • verify image data for selected texture, edge and motion features • analyze image and video data for features in different scale spaces • explain and evaluate methods for the matching of image data

		• segment image data by implementing basic classification and clustering methods • understand the principle of transformations on image data and apply them exemplarily
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I und II
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	J.-R. Ohm: [Multimedia Content Analysis], Springer, 2016 J. W. Woods: [Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding], Academic Press, 2nd edition, 2012

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	• Analog-Digital-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Digital-Analog-Umsetzer: Qualitätsmerkmale, Messtechnik, Hardwarearchitekturen • Programmierbare Logikschaltungen (PLD, FPGA): Grundlegende Konzepte, Kategorien, Hardwarearchitekturen • Digitale-Filter: Theorie, Eigenschaften, Entwicklung und Implementierung und IIR und FIR Filtern
6	Learning objectives and skills	• 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 • 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 • Die Studierenden können die Einflüsse von nichtidealen Bauelementen auf digitale elektronische Systeme analysieren • Die Studierenden verstehen die Funktion, die Eigenschaften, die Entwicklungsmethodik sowie die Implementierung von digitalen Filtern und könne diese erläutern
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 93601	Information theory and coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Information Theory and Coding (1 SWS) Vorlesung: Information Theory and Coding (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Ali Bereyhi Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix 2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality 3. Inference: inverse probability, statistical inference 4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers 5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding 6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform 7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma 8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity 9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels 10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel 11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything 12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm 13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm 14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth

15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression

--

1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix

2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung

3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz

4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen

5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffman-codierung

6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation

7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma

8. Kommunikation über gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität

9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanäle

10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals

11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist

12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus

13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus

14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang

		15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression
6	Learning objectives and skills	The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life. The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding. For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity. They calculate these quantities for memoryless sources and channels. The students proof both the source coding and the channel coding theorem. The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity. The students apply source compression methods to measure mutual information. The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables. The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance. They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing. The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everyday's life. The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution. The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression. -- Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an. Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung.

		Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität. Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle. Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem. Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate. Die Studierenden verwenden Quellencodierverfahren zur Messung von Transinformation. Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher. Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz. Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch. Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an. Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguläre Knotenordnungsverteilungen. Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression in den Frequenzbereich.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch

16	Bibliography	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

1	Module name 96101	Integrierte Navigationssysteme	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung Integrierte Navigationssysteme (1 SWS) Vorlesung: Integrierte Navigationssysteme (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Jörn Thielecke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Jörn Thielecke
5	Contents	1. Überblick • Von der Astronavigation zur Navigation mit Mikroelektronik • Messprinzipien & Positionsrechnung (Standlinien/-flächen) • Begriffsdefinitionen (s. US Federal Radionavigation Plan), Genauigkeit, Verfügbarkeit, Verlässlichkeit, Integrität, etc. • Systematische Strukturierung des Gebiets: siehe 2. bis 7. 2. Positions- und Lagebestimmung • Funkausbreitung und Funkortung (Beispiel WLAN) • Fingerabdruckverfahren • Lokalisierung mit Markovketten 3. Koppelnavigation (Tracking) mittels Trägheitsnavigation • Koordinatensysteme und ihre Einsatzgebiete • Mathematische Grundlagen, z.B. Quaternionen, Corioliseffekt • Strapdown Inertial Navigation Systems • Sensorprinzipien und Trägheitssensoren • Computergestützte Lösung der Navigationsgleichungen • System- und Fehlermodellierung im Zustandsraum • Das Kalmanfilter und Glättung mittels Retrodktion 4. Seiteninformationen: Kinematik und Karten (kurze Übersicht) 5. Landmarken als lokaler Ortsbezug • Merkmalsbasierte Ortung z.B. mit Kamera oder UWB • Partikelfilter und Monte-Carlo-Integration 6. Integration von Navigationskomponenten: Sensordatenfusion • Fusionsarchitekturen: Beispiel GPS & Trägheitsnavigation 7. Einbettung von Navigationssystemen • Assisted GPS oder Location Based Service Anmerkung: Die Navigationsmethoden werden gleichermaßen anhand von Tafel- und Rechnerübungen (MATLAB) einstudiert
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, typische Navigationsverfahren hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Einsetzbarkeit zu analysieren, zu bewerten und weiterzuentwickeln.

		2. Die Studierenden lernen Navigationsgleichungen selbst aufzustellen, anzuwenden und mit unterschiedlichen Algorithmen auf dem Computer zu lösen. 3. Die Studierenden entwickeln ein Verständnis für die Herausforderungen bei der Integration unterschiedlicher Teilsysteme zu einem Navigationssystem und der Einbettung von Navigationssystemen in übergeordnete Systeme
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, geeignet für Masterstudium, grundlegende Kenntnisse erforderlich in: linearer Algebra, Physik, Signal- & System-theorie, Wahrscheinlichkeitstheorie.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (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	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Lehrveranstaltung.

1	Module name 96270	Channel coding	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Kanalcodierung (3 SWS) Vorlesung mit Übung: Channel Coding (4 SWS) Übung: Übungen zur Kanalcodierung (1 SWS)	5 ECTS 5 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	Contents	1) Introduction and Motivation 2) Fundamentals of Block Coding 3) Introduction to Finite Fields I 4) Linear Block Codes 5) Linear Cyclic Codes 6) Introduction to Finite Fields II 7) BCH and RS Codes 8) Convolutional Codes 9) Codes with Iterative Decoding
6	Learning objectives and skills	Das Modul Kanalcodierung umfasst eine Einführung in die Grundlagen der algebraischen, fehlerkorrigierenden Blockcodes sowie einen Einstieg in die Thematik der Faltungscodes. Iterativ decodierte Codeschemata wie Turbo-Codes und LDPC-Codes werden ebenfalls eingeführt. Im Einzelnen sind die Inhalte oben aufgeführt. Die Studierenden definieren die Problematik der Kanalcodierung, grenzen sie von anderen Codierv Verfahren (z.B. der Quellencodierung) ab und kennzeichnen die unterschiedlichen Ansätze zur Fehlerkorrektur und -erkennung. Sie nennen Beispiele für Einsatzgebiete von Kanalcodierung und geben einen Überblick über die historische Entwicklung des Fachgebiets. Die Studierenden erstellen Übertragungsszenarien für den Einsatz von Kanalcodierung bestehend aus Sender, Übertragungskanal und Empfänger und beachten dabei die Grundannahmen beim Einsatz von Blockcodes bzw. der Modellierung der Kanäle. Sie formulieren mathematische Beschreibungen der Encodierung sowie der optimalen Decodierung bzw. suboptimaler Varianten. Die Studierenden beherrschen die Grundlagen fehlerkorrigierender linearer Blockcodes, beschreiben diese mathematisch korrekt mittels Vektoren und Matrizen über endlichen Körpern und implementieren und bewerten zugehörige Encoder- und Decoderstrukturen insbesondere Syndromdecoder. Dabei modifizieren sie Generatormatrizen, ermitteln Prüfmatrizen und erstellen Syndromtabellen. Sie schätzen die minimale Hammingdistanz von Codes mittels Schranken ab und können den erzielbaren Codegewinn erläutern. Sie kennen und benutzen beispielhaften Codefamilien (z.B. Hamming-Codes, Simplex-Codes, Reed-Muller-Codes).

Die Studierenden erkennen die Vorteile zyklischer linearer Blockcodes und beschreiben diese mit Polynomen über endlichen Körpern. Sie nutzen die Restklassenrechnung bzgl. Polynomen zur Umsetzung systematischer Encoder und zur Realisierung von Syndromdecodern mittels Schieberegisterschaltungen. Sie kennen beispielhafte Codefamilien.

Die Studierenden nutzen Primkörper, Erweiterungskörper, Minimalpolynome und Kreisteilungsklassen sowie die Spektraldarstellung über endlichen Körpern zur Realisierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes gemäß der BCH-Schranke. Sie verstehen die Grundlagen der Decodierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes. Sie skizzieren und erläutern die Kanalcodierkonzepte von CD und DVD.

Die Studierenden erklären die Unterschiede von Faltungscodes und Blockcodes, skizzieren anhand von tabellierten Generatorpolynomen zugehörige Encoder und erläutern diese. Sie erklären die Funktionsweise des optimalen Decoders (MLSE) und demonstrieren diese beispielhaft.

Die Studierenden verstehen die Grundlagen der iterativen Decodierung, insbesondere wenden sie die Grundlagen des Information Combining zur Kombination von verschiedenen Beobachtungen an. Sie verstehen die Bedeutung von Log-Likelihood-Ratios bei iterativen Decodieruvorgängen und berechnen diese. Sie skizzieren die grundlegenden Encoder- und Decoderstrukturen von Turbo-Codes und die Grundzüge der Codierung mit LDPC-Codes u.a. der Decodierung mittels Belief Propagation.

Die Vorlesung erfolgt wechselweise auf Deutsch oder Englisch (Winter/ Sommer). Die zur Verfügung gestellten Unterlagen sind ausschließlich in Englisch gehalten. Die Studierenden verwenden entweder die englischen Fachtermini sicher oder kennen diese und drücken sich sicher mit den entsprechenden deutschen Fachbegriffen aus.

Die Umsetzung der angegebenen Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) sollten die Studierenden zu diesem Zeitpunkt des Studiums üblicherweise beherrschen. Übungen hierzu bleiben der Eigeninitiative überlassen.

Students define the problems of channel coding, how to distinguish it from other coding methods (such as source coding) and how to describe the various different approaches to error correction and detection. They are able to list example application areas of channel coding and give an overview of the historical development of the field.

		Furthermore, they describe and analyze transmission scenarios for the application of channel coding which consist of transmitter, transmission channel and receiver, taking into account the general assumptions for applying block codes or modeling the channels. They formulate mathematical descriptions of encoding, optimal decoding and sub-optimal methods. Students illustrate the principles of error-correcting linear block codes and describe them mathematically using vectors and matrices over finite fields. They implement and analyze corresponding encoder and decoder structures, in particular syndrome decoders, and modify generator matrices, construct test matrices and create syndrome tables. They estimate the minimum Hamming distance of codes using bounds and are able to explain the coding gain that can be achieved in individual cases. They analyze and use example code families (e.g. Hamming codes, simplex codes, Reed-Muller codes). Students explain the advantages of cyclic linear block codes and how to describe them with polynomials over finite fields. They apply polynomial modular arithmetic to implement systematic encoders and realize syndrome decoders using shift register circuits. They know and use exemplary code families. Students use prime fields, extension fields, minimal polynomials and cyclotomic cosets, and spectral representation over finite fields to implement BCH and Reed-Solomon codes using the BCH bound. They understand the foundations of decoding BCH and Reed-Solomon codes and how to sketch and explain the channel coding concepts of CDs and DVDs. Students are able to describe the differences between convolutional codes and block codes, to sketch the respective encoders based on tabulated generator polynomials and to explain them. They are able to explain how optimal decoders (MLSE) work using examples. Students sketch the foundations of iterative decoding. In particular, they apply methods of information combining to combine different observations. They use and calculate log-likelihood ratios in iterative decoding processes, sketch the basic encoding and decoding structures of turbo codes and the basics of coding using LDPC codes (including decoding using belief propagation). Students either are able to use the English technical terms correctly or know them and are able to express themselves using the respective technical terms in German.
7	Prerequisites	Es ist hilfreich, wenn die Studierenden die erlernten Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) umsetzen können.

		It would be very helpful if the participants can implement the specified algorithms into a programming language (C, Matlab, etc.).
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich Hilfsblatt, Taschenrechner: Sie können ein einzelnes A4-Blatt (Vorder- und Rückseite oder andere Blätter mit offensichtlich identischer Gesamtfläche) verwenden, um Ihre eigene, handschriftliche Formelsammlung aufzuschreiben. Sie können einen nicht programmierbaren Taschenrechner verwenden. Cheat Sheet, Calculator: A single A4 sheet (front and back, or any other collection of sheets with an obviously identical total area size) can be used to write down your own handwritten collection of formulas, etc. You may also bring a non-programmable calculator.
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	• J. Huber, R. Fischer, C. Stierstorfer: Folien zur Vorlesung • M. Bossert: Kanalcodierung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 3. Auflage, 2013 • M. Bossert: Channel Coding for Telecommunications, John Wiley & Sons, 1999 • B. Friedrichs: Kanalcodierung, Springer Verlag, 1996 • S.B. Wicker: Error Control Systems for Digital Communications and Storage, Prentice-Hall, 1995

1	Module name 48440	Machine learning in signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Supplements for Machine Learning in Signal Processing (1 SWS) Vorlesung: Machine Learning in Signal Processing (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Kamal Gopikrishnan Nambiar Prof. Dr. Vasileios Belagiannis	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler
5	Contents	This course is an introduction into machine learning and artificial intelligence. The special emphasis is on applications to modern signal processing problems. The course is focused on design principles of machine learning algorithms. The lectures start with a short introduction, where the nomenclature is defined. After this, probabilistic graphical models are introduced and the use of latent variables is discussed, concluding with a discussion of hidden Markov models and Markov fields. The second part of the course is about deep learning and covers the use of deep neural networks for machine learning tasks. In the last part of the lecture, the use of deep neural networks for speech processing tasks is introduced. The course is based on the materials and video footage from Dr. Roland Maas. He is an outstanding machine learning expert and a former member of the Chair of Multimedia Communications and Signal Processing.
6	Learning objectives and skills	After attending the lecture, students will be able to • understand regression and classification problems • apply PDF estimation algorithms • understand Gaussian mixture models and expectation-maximization • apply principal component analysis and independent component analysis • assess different estimation algorithms • explain the application of machine learning to system identification • apply hidden Markov models • understand different artificial neural network architectures • explain deep learning principles • apply artificial neural networks • devise learning strategies for deep neural networks • assess the application of deep neural networks for speech processing tasks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich/mündlich
11	Grading procedure	schriftlich/mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature: • C. M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, http://www.research.microsoft.com/en-us/um/people/cmbishop/PRML • S. Theodoridis and K. Koutroumbas: Pattern Recognition • M. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning.

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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 attenuation 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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Proakis, J.: Digital Communications, McGraw-Hill, 4th ed., 2001. Rappaport, T.: Wireless Communications: Principles & Practice, Prentice Hall, 2nd ed., 2001. Mouly, M., Paulet, M.: The GSM System for Mobile Communications, Cell & SYS, France, 1992. Goldsmith, A.: Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, 2005.

1	Module name 502007	Music processing - synthesis	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Musikverarbeitung - Synthese (2 SWS)	-
3	Lecturers	Maximilian Schäfer	

4	Module coordinator	Maximilian Schäfer
5	Contents	• Verarbeitung von Audiosignalen durch parametrische Filter und Effekte • Erzeugung von künstlichen Klängen mit Mitteln der digitalen Klangsynthese • Klangwiedergabe in echten und virtuellen Räumen • Klangbeispiele und Demonstrationen • Programmiersprachen für Audio-Echtzeit-Verarbeitung *Content*: • a short history of electrical and electronic music • processing of audio signals by parametric filters and effects • digital sound synthesis • sound reproduction in real and in virtual environments • sound examples and demonstrations • programming languages for audio real-time processing
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • beschreiben die speziellen Anforderungen für Audio-Echtzeit-Verarbeitung, • wenden ihre theoretischen Kenntnisse zeitdiskreter Signale und Systeme für die Verarbeitung und Erzeugung musikalischer Klänge an, • gestalten eigene Software-Realisierungen zur Klangsynthese, • entwerfen technische Systeme für musikalisch motivierte Aufgabenstellungen. The students • specify the special requirements for audio realtime processing, • apply their theoretical knowledge about discrete-time signals and systems to processing and synthesis of musical sounds, • design their own software realizations for sound synthesis • implement technical systems for digital music.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich

11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Das Vorlesungsskript und weitere Zusatzmaterialien zur Vorlesung werden via StudOn zur Verfügung gestellt.

1	Module name 250058	Signal analysis	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Signalanalyse (2 SWS)	-
3	Lecturers	Dr.-Ing. Heinrich Löllmann	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Heinrich Löllmann
5	Contents	Es werden im Rahmen dieser Vorlesung unterschiedliche Verfahren zur Analyse digitaler Signale, sowie deren Anwendungsmöglichkeiten behandelt. Die folgenden Konzepte werden dabei insbesondere behandelt: • Fourieranalyse von Signalen • Signalanalyse mittels Zeit-Frequenz-Transformationen • Parametrische und nichtparametrische Signalanalyse • Verfahren zur Frequenzschätzung • Räumliche Signalanalyse • Filterbänke und Wavelets. In this course, different approaches for the analysis of digital signals and their applications are treated, which comprises the following topics: • Fourier analysis of signals • Signal analysis by means of time-frequency transformations • Parametric and non-parametric signal analysis • Frequency estimation • Spatial signal analysis • Filter-banks and wavelets.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • beschreiben, welche Methoden der Signalanalyse für unterschiedlichen Arten von Signalen angewendet werden • beschreiben grundlegende Methoden der spektralen Signalanalyse • erläutern wodurch die spektrale und zeitliche Auflösung bei der Spektralanalyse von Signalen begrenzt wird • beschreiben die Konzepte sowie die Vor- und Nachteile der parametrischen und nichtparametrischen Signalanalyse • erklären unterschiedliche Verfahren der Zeit-Frequenz-Analyse • stellen die Analyse von Signalen mittels Filterbänke und Wavelets dar • können Verfahren zur Frequenzschätzung erläutern • formulieren Verfahren zur Analyse räumlicher Signale. The students • describe which methods for signal analysis can be applied for different types of signals • describe fundamental approaches for spectral signal analysis • explain the limiting factors for the time and frequency resolution for the spectral analysis of signals

		• describe concepts as well as the pros and cons of parametric and non-parametric signal analysis • explain different approaches for time-frequency analysis • describe the analysis of signals by means of filter-banks and wavelets • explain methods for frequency estimation • formulate approaches for spatial signal analysis.
7	Prerequisites	Fundierte Kenntnisse in digitaler Signalverarbeitung. Requirements Solid knowledge in digital signal processing
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich Mündliche Prüfung mit einer Dauer von 30 min. Oral examination of 30 min duration.
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	P. Stoica und R. Moses: "Spectral Analysis of Signals", Pearson Prentice Hall, 2005

1	Module name 96460	Speech and audio signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Sprach- und Audiosignalverarbeitung (1 SWS) Vorlesung: Sprach- und Audiosignalverarbeitung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Mhd Modar Halimeh Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	Contents	It concentrates on algorithms for speech and audio signal processing with applications in telecommunications and multimedia, especially • physiology and models for human speech production and hearing: source-filter model, filterbank model of the cochlea, masking effects, • representation of speech and audio signals: estimation and representation of short-term and long-term statistics in the time and frequency domain as well as the cepstral domain; typical examples and visualizations • source coding for speech and audio signals: criteria, scalar and vector quantization, linear prediction, prediction of the pitch frequency; waveform coding, parametric coding, hybrid coding, codec standards (ITU, GSM, ISO-MPEG) • basic concepts of automatic speech recognition (ASR): feature extraction, dynamic time warping, Hidden Markov Models (HMMs) • basic concepts of speech synthesis: text-to-speech systems, model-based and data-driven synthesis, PSOLA synthesis system • signal enhancement for acquisition and reproduction: noise reduction, acoustic echo cancellation, dereverberation using single-channel and multichannel algorithms. Es werden Grundlagen und Algorithmen der Verarbeitung von Sprach- und Audiosignalen mit Anwendungen in Telekommunikation und Multimedia behandelt, insbesondere: • Physiologie und Modelle der Spracherzeugung und des Hörens: Quelle-Filter-Modell, Filterbank-Modell der Cochlea; Maskierungseffekte; • Darstellung von Sprach- und Audiosignalen: Schätzung und Darstellung der Kurzzeit- und Langzeitstatistik in Zeit-, Frequenz- und Cepstralbereich; typische Beispiele, Visualisierungen; • Quellencodierung für Sprache und Audiosignale: Kriterien; skalare und vektorielle Codierung; lineare Prädiktion; Pitchprädiktion; Wellenform-/Parameter-/Hybrid-Codierung; Standards (ITU, GSM, ISO-MPEG)

		• Spracherkennung: Merkmalsextraktion, Dynamic Time Warping, Hidden Markov Models • Grundprinzipien der Sprachsynthese: Text-to-Speech Systeme, modellbasierte und datenbasierte Synthese, PSOLA-Synthese • Signalverbesserung bei Signalaufnahme und wiedergabe: Geräuschbefreiung, Echokompensation, Enthüllung mittels ein- und mehrkanaliger Verfahren;
6	Learning objectives and skills	The students • understand basic physiological mechanisms of human speech production and hearing and can apply them for the analysis of speech and audio signals • apply basic methods for the estimation and representation of the short-term and long-term statistics of speech and audio signals and can analyze such signals by means of these methods • understand current methods for source coding of speech and audio signals and can analyze current coding standards • verstehen die Grundbausteine von Spracherkennungssystemen und können deren Funktion mittels Rechnersimulation analysieren • understand the basic principle of text-to-speech systems and can apply fundamental methods for speech synthesis • can apply basic algorithms for speech enhancement and understand their functionality for real-world data. Die Studierenden • verstehen die grundlegenden physiologischen Mechanismen der Spracherzeugung und des Hörens beim Menschen und können diese zur Analyse von Sprach- und Audiosignalen anwenden • wenden die grundlegenden Methoden zur Schätzung und Darstellung der Kurzzeit- und Langzeitstatistik von Sprach- und Audiosignalen an und können diese damit analysieren • verstehen die aktuellen Methoden zur Quellencodierung von Sprache- und Audiosignalen und können aktuelle Codierstandards analysieren • verstehen die Grundbausteine von Spracherkennungssystemen und können deren Funktion mittels Rechnersimulation analysieren • verstehen die Grundprinzipien von Text-to-Speech Systemen und können elementare Algorithmen zur Sprachsynthese anwenden • können elementare Algorithmen zur Signalverbesserung anwenden und für reale Daten analysieren
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I & II
8	Integration in curriculum	Semester: 1

9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Gemäß themenbezogenen Angaben in der Lehrveranstaltung

1	Module name 788996	Speech enhancement (oral examination)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Speech Enhancement (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Emanuel Habets	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Emanuel Habets
5	Contents	*Course Description* We live in a noisy world! In all applications related to speech, from hands-free communication to human-machine interfaces, a speech signal of interest captured by one or more microphones is contaminated by noise and reverberation. The quality and intelligibility of the signal of interest depend highly on the level of noise and reverberation. Therefore, it is highly desirable, and sometimes even indispensable, to "clean up" the captured signals before storage, transmission, or reproduction. This course discusses both model-driven and data-driven methods to estimate the signal of interest. It aims to provide a strong foundation for researchers, engineers, and graduate students interested in signal and speech enhancement. *Relation to other courses* This course is the most advanced course offered by the university on this topic, and serves as an excellent basis from which to commence research in the area. Various aspects of the course bring students up to date with the very latest developments in the field, as seen in recent international conferences and journals. This course is well complimented by [Selected Topics in Perceptual Audio Coding] (Prof. Herre) and [Auditory Models] (Prof. Edler).
6	Learning objectives and skills	Students • Formulate the speech enhancement problem mathematically. • Derive optimal single- and multi-channel filters to reduce noise and reverberation. • Evaluate and compare the performance of single- and multi-channel filters for speech enhancement. • Understand how reference signals and other prior information can be used in a speech enhancement system. • Understand the limitations and challenges of existing speech enhancement systems. • Understand the importance of binaural cues and the influence of a speech enhancement system on the binaural cues in the context of hearing aids. • Design a microphone array and analyze its performance. • Design a speech enhancement system for a given acoustic scenario.

		Evaluate both subjectively and objectively the performance of a speech enhancement system in terms of the speech quality and intelligibility.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96880	Speech enhancement	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Speech Enhancement (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Emanuel Habets	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Emanuel Habets
5	Contents	Description We live in a noisy world! In all applications related to speech, from hands-free communication to human-machine interfaces, a speech signal of interest captured by one or more microphones is contaminated by noise and reverberation. The quality and intelligibility of the signal of interest depend highly on the level of noise and reverberation. Therefore, it is highly desirable, and sometimes even indispensable, to "clean up" the captured signals before storage, transmission, or reproduction. This course discusses both model-driven and data-driven methods to estimate the signal of interest and aims to provide a strong foundation for researchers, engineers, and graduate students interested in signal and speech enhancement. Relation to other courses This course is the most advanced course offered by the university on this topic and serves as an excellent basis from which to commence research in the area. Various aspects of the course bring students up to date with the very latest developments in the field, as seen in recent international conferences and journals. This course is well complimented by Selected Topics in Perceptual Audio Coding (Prof. Herre) and Auditory Models (Prof. Edler).
6	Learning objectives and skills	• Formulate the speech enhancement problem mathematically. • Derive optimal single- and multi-channel filters to reduce noise and reverberation. • Evaluate and compare the performance of single- and multi-channel filters for speech enhancement. • Understand how reference signals and other prior information can be used in a speech enhancement system. • Understand the limitations and challenges of existing speech enhancement systems. • Understand the importance of binaural cues and the influence of a speech enhancement system on the binaural cues in the context of hearing aids. • Design a microphone array and analyze its performance.

		• Design a speech enhancement system for a given acoustic scenario. • Evaluate subjectively and objectively the performance of a speech enhancement system in terms of speech quality and intelligibility.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 498723	Transforms in signal processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Transformationen in der Signalverarbeitung (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler
5	Contents	Das Modul "Transformationen in der Signalverarbeitung" behandelt mehrere verschiedene Transformationen, die im Rahmen der Signalverarbeitung Verwendung finden. Dabei werden zuerst die grundlegenden Konzepte von Transformationen diskutiert und die Vorteile die Transformationen mit sich bringen erläutert. Im Anschluss daran werden die grundlegenden Eigenschaften von Integraltransformationen betrachtet und die Laplace- und die Fourier-Transformation im Detail untersucht. Um auch zeitlich veränderliche Signale gut transformieren zu können werden danach die Kurzzeit-Fourier-Transformation und die Gabor-Transformation eingeführt. Im Anschluss daran erfolgt eine Betrachtung der Auswirkung der Abtastung auf transformierte Signale, bevor die z-Transformation als Transformation für diskrete Signale behandelt wird. Abschließend erfolgt die Betrachtung weiterer Transformationen für diskrete Signale wie der Diskreten Fourier-Transformation oder linearer Block-Transformationen. The module "Transforms in Signal Processing" covers several different transforms which are used in the field of signal processing. For this, first the basic concepts of transforms are discussed and the advantages which are offered by the different transforms are presented. Subsequent to this, fundamental properties of integral transforms are considered and the Laplace- and the Fourier-Transform are examined in detail. To be able to transform time-varying signals, the Short-Time Fourier-Transform and the Gabor-Transform are introduced, afterwards. Subsequent to this, the impact of sampling on transformed signals is analyzed before the z-Transform as a transform for discrete signals is covered. Finally, further transforms for discrete signals like the Discrete Fourier-Transform or Linear-Block Transforms are discussed.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können nach Besuch der Vorlesung • Anwendungsmöglichkeiten von Transformationen bestimmen • Integraltransformationen gegenüberstellen und untersuchen • die Existenz von Transformationen hinterfragen • die Eindeutigkeit von Transformationen überprüfen • Sätze und Eigenschaften von Transformationen entwickeln • zu Transformationen zugehörige inverse Transformationen einschätzen • die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Transformationen einschätzen • auf Zusammenhänge zwischen Ausgangssignalen und transformierten Signalen folgern • Symmetriebeziehungen von Transformationen ausarbeiten

		• Zusammenhänge zwischen kontinuierlichen und diskreten Signalen ausarbeiten Educational Objectives and Competences: After attending the lecture, students will be able to • determine applications of transforms • contrast and examine integral transforms • question the existence of transforms • evaluate the uniqueness of transforms • develop theorems and properties of transforms • evaluate to transforms corresponding inverse transforms • evaluate the relationships between different transforms • asses the relationship between original signal and transformed signals • devise the symmetry properties of transforms • devise the relationship between continuous and discrete signals
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	K. Krüger, Transformationen - Grundlagen und Anwendungen in der Nachrichtentechnik, Vieweg Verlag, Braunschweig B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger, Einführung in die Systemtheorie, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart

Compulsory elective module

1	Module name 43821	Computer graphics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Computer Graphics Basic Tutorials (1 SWS) Vorlesung: Computer Graphics (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Jonas Müller Prof. Dr. Marc Stamminger	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	Contents	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: • Graphik Pipeline • Clipping • 3D Transformationen • Hierarchische Display Strukturen • Perspektive und Projektionen • Sichtbarkeitsbetrachtungen • Rastergraphik und Scanconversion • Farbmodelle • Lokale und globale Beleuchtungsmodelle • Schattierungsverfahren • Ray Tracing und Radiosity • Schatten und Texturen Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics: • graphics pipeline • clipping • 3D transformations • hierarchical display structures • perspective transformations and projections • visibility determination • raster graphics and scan conversion • color models • local and global illumination models • shading models • ray tracing and radiosity • shadows and textures
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder • erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone • beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen

		die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten • skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Visibilitätsberechnung • vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik • illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen • erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline • lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen • klassifizieren Schattierungsverfahren • bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiosity *Educational objectives and skills:* Students should be able to • describe the processing steps in the graphics pipeline • explain clipping algorithms for lines and polygons • 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 • depict techniques to compute depth, occlusion and visibility • compare the different color models • describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes • explain the algorithms for rasterization and scan conversion • solve problems with shading and texturing of 3D virtual models • classify different shadowing techniques • explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Übungsleistung Klausur (60 Minuten)
11	Grading procedure	Übungsleistung (0%) Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002 • Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGL. Pearson • Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice • Rauber: Algorithmen der Computergraphik • Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik • Encarnação, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	Module name 44150	Diagnostic medical image processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Diagnostic Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Manuela Meier Arpitha Ravi Celia Martín Vicario Luis Rivera Monroy	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	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. 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.
6	Learning objectives and skills	English Version: The participants • understand the challenges in interdisciplinary work between engineers and medical practitioners. • develop understanding of algorithms and math for diagnostic medical image processing. • learn that creative adaptation of known algorithms to new problems is key for their future career. • develop the ability to adapt algorithms to different problems. • are able to explain algorithms and concepts of the module to other engineers. Deutsche Version: Die Teilnehmenden • verstehen die Herausforderungen in der interdisziplinären Arbeit zwischen Ingenieuren und Ärzten. • entwickeln Verständnis für Algorithmen und Mathematik der diagnostischen medizinischen Bildverarbeitung.

		• erfahren, dass kreative Adaption von bekannten Algorithmen auf neue Probleme der Schlüssel für ihre berufliche Zukunft ist. • entwickeln die Fähigkeit Algorithmen auf verschiedene Probleme anzupassen. • sind in der Lage, Algorithmen und Konzepte des Moduls anderen Studierenden der Technischen Fakultät zu erklären.
7	Prerequisites	Ingenieurmathematik Engineering Mathematics
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich/mündlich
11	Grading procedure	schriftlich/mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 472330	Quality of service in communication systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Quality of Service in Communications (2 SWS) Übung: Quality of Service in Communications (Ex-QoSic) (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Lisa Maile	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Zunächst wird der Begriff der Dienstgüte (Quality-of-Service, QoS) eingegrenzt und es werden die wichtigsten Ansätze zur Erzielung von Dienstgüte besprochen und in ausgewählten Netztechnologien untersucht. Dann werden unterschiedliche Methoden vorgestellt, mit denen Systeme bezüglich ihrer Dienstgüte bewertet und ausgelegt werden können: • Netzplanung und optimierung, • stochastische Analyse (Markow-Ketten, Warteschlangen), • Netzwerksimulation, • deterministische Analyse mit Network Calculus zur Ermittlung von Dienstgütegarantien • Messung (HW-, SW-, Hybrid-Monitoring, Benchmarks). Alle Methoden werden an Beispielen demonstriert. *Contents:* We introduce the term quality-of-service (QoS), discuss important approaches to achieve certain degrees of QoS, and show how the implementation in computer networks. Then a number of methodologies to assess and design systems with respect to their QoS: • network planning and optimization, • network simulation, • stochastic analysis (Markov chains, non-Markovian models, queuing systems), • deterministic analysis with network calculus to determine QoS guarantees • measurements (hardware, software, and hybrid monitoring, benchmarks). All methods are illustrated by examples.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erwerben • Kenntnisse in Methoden zur Modellierung und Bewertung von quantitativen, nicht-funktionalen Eigenschaften von vernetzten Systemen • Kenntnisse in Mechanismen von vernetzten Systemen zur Erzielung von Dienstgüte *Learning targets and competences:*

		The students get • experience in methods to model and evaluate quantitative, non-functional properties of computer networks and related systems • knowledge of mechanisms of computer networks to achieve quality-of-service
7	Prerequisites	Rechnerkommunikation, Kommunikationssysteme, grundlegende Programmierkenntnisse (optimal in R und C++)
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Kurose, Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet. 6th Ed., Addison Wesley, 2013 • W. Stallings. Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson Education, 2014 • W. Stallings. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pearson Education, 2016

1	Module name 710850	eBusiness technologies and evolutionary information systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Evolutionäre Informationssysteme (2 SWS) Vorlesung: eBusiness Technologies (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	Contents	EBT: • Überblick und Einblick in die wichtigsten Themen des Bereichs Business • User Interface, Business Logic und Database Layer • Agile Softwareentwicklung • Integration von Enterprise-Applikationen • Cloud & Container • DevOps EIS: • Grundlagen rechnergestützter Informationssysteme und organisatorisches Lernen • Erfolgsfaktoren für Projekte • Software Wartung vs. Software Evolution • Architekturmodelle • Grundprinzipien evolutionärer Systeme • Datenqualität in Informationssystemen Contents: EBT: • Modern technologies to implement Web-Applications for eBusiness • User Interface, Business Logic and Database Layer • Agile Software Development • Integration of Enterprise-Applications • Cloud & Container • DevOps EIS: • IT-Support for Organizational Learning • Success- and Failure Factors for large scale IT-Projects • Software Maintenance vs. Software Evolution • Architectural Styles and their Impact on Evolvability • Principles for Evolvable Systems • Data Quality in Information Systems
6	Learning objectives and skills	EBT: Die Studierenden

- identifizieren die wichtigsten Themen des Bereichs eBusiness, von den Anwendungen bis zu den Implementierungen
- verstehen Zusammenhänge der B2B-Integration und der Realisierung von eBusiness-Anwendungen
- wiederholen Grundlagen des Webs
- vergleichen technische Eigenschaften von HTTP-, Web- und Application Servern
- vergleichen Markup Languages (HTML, XML)
- unterscheiden Ansätze zur Schema-Modellierung wie DTD und XML Schema und erkennen die unterschiedliche Leistungsfähigkeit
- verstehen Methoden zur evolutionsfähigen Gestaltung von Datenstrukturen in XML
- unterscheiden Vorgehen bei der Datenhaltung und verschiedene Ansätze für den Datenbankzugriff
- verstehen Objekt-relationale Mapping Frameworks am Beispiel von Hibernate und JPA
- verstehen Komponentenmodelle wie Enterprise JavaBeans (EJB) aus dem JEE Framework
- unterscheiden das EJB Komponentenmodell von den OSGi Bundles und den Spring Beans
- verstehen und unterscheiden grundlegende Web Service Techniken wie SOAP und WSDL
- unterscheiden Herangehensweisen zur dynamischen Generierung von Webseiten
- verstehen grundlegende Eigenschaften eines Java-basierten Front-End-Frameworks am Beispiel von JSF
- verstehen grundlegende Eigenschaften von Service-orientierten Architekturen (SOA)
- verstehen agile Vorgehensmodelle zur Software-Entwicklung am Beispiel von Scrum
- unterscheiden agile Verfahren wie Scrum von iterativ-inkrementellen Verfahren wie RUP
- verstehen die Wichtigkeit von Code-Beispielen um die praktische Anwendbarkeit des theoretischen Wissens zu veranschaulichen.
- können die Code-Beispiele eigenständig zur Ausführung bringen und die praktischen Erfahrungen interpretieren und bewerten
- gestalten eigene Lernprozesse selbständig.
- schätzen ihre eigenen Stärken und Schwächen im Hinblick auf die unterschiedlichen Architektur-Schichten ein (Benutzerinteraktion, Applikationslogik, Schnittstellenintegration, Datenbanksysteme)
- identifizieren eine eigene Vorstellung als zukünftige Software-Architekten und können die eigene Entwicklung planen
- reflektieren durch regelmäßige fachbezogene Fragen des Dozenten Ihre eigene Lösungskompetenz.

EIS:

Die Studierenden:

- definieren die Begriffe "Informationssysteme", "evolutionäre Informationssysteme" und "organisatorisches Lernen"
- grenzen die Begriffe "Wissen" und "Information" gegeneinander ab
- charakterisieren die in der Vorlesung erläuterten Formen der organisatorischen Veränderung
- erklären das SEKI Modell nach Nonaka und Takeuchi
- nennen Beispiele für die in der Vorlesung behandelten Formen der Wissensrepräsentation in IT-Systemen
- nennen typische Erfolgs- und Risikofaktoren für große IT-Projekte
- erklären die Kraftfeldtheorie nach Kurt Lewin
- unterscheiden Typen von Software gemäß der Klassifikation nach Lehman und Belady
- unterscheiden die in der Vorlesung vorgestellten Arten der Software Wartung
- benennen die Gesetzmäßigkeiten der Software-Evolution nach Lehman und Belady
- bewerten die in der Vorlesung vorgestellten Vorgehensmodelle zur Softwareerstellung im Kontext der E-Typ-Software
- nennen die in der Vorlesung vorgestellten Aspekte der Evolutionsfähigkeit von Software
- erklären, wie die in der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Trennung von Belangen beitragen
- erklären das Konzept des "Verzögerten Entwurfs"
- erklären die Vor- und Nachteile generischer Datenbankschemata am Beispiel von EAV und EAV/CR
- charakterisieren die in der Vorlesung vorgestellten Architekturkonzepte
- grenzen die in der Vorlesung vorgestellten Integrationsanforderungen gegeneinander ab
- erklären wie Standards zur Systemintegration beitragen und wo die Grenzen der Standardisierung liegen
- erklären das Prinzip eines Kommunikationsservers und der nachrichtenbasierten Integration
- erklären den Begriff "Prozessintegration"
- definieren den Begriff "Enterprise Application Integration" (EAI)
- unterscheiden die in der Vorlesung vorgestellten Integrationsansätze
- erklären die in der Vorlesung vorgestellten Dimensionen der Datenqualität
- unterscheiden die grundlegenden Messmethoden für Datenqualität
- erklären das Maßnahmenportfolio zur Verbesserung der Datenqualität nach Redman

		• benennen die in der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Verbesserung der Datenqualität
7	Prerequisites	Programmieren in Java, Datenbanken (SQL)
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	siehe Lehrveranstaltungsbeschreibungen

1	Module name 939179	Real-time systems 2 - dependable real-time systems	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Erweiterte Übungen (2 SWS) Übung: Echtzeitsysteme 2 - Verlässliche Echtzeitsysteme - Rechnerübungen (2 SWS)	- - -
3	Lecturers	Peter Wägemann Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder-Preikschat Tim Rheinfels Simon Schuster	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Viele Echtzeitsysteme sind in Bereiche des täglichen Lebens eingebettete, die hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit dieser Systeme stellen. Beispiele hierfür sind Fahrerassistenzsysteme in modernen Automobilen, medizinische Geräte, Prozessanlagen in Kernkraftwerken oder Chemiefabriken oder Flugzeuge. Fehlfunktionen in diesen Anwendungen ziehen mitunter katastrophale Konsequenzen nach sich - Menschen können ernsthaft verletzt oder sogar getötet werden, Landstriche können unbewohnbar gemacht oder zumindest großer finanzieller Schaden verursacht werden. Dieses Modul betrachtet Methoden und Werkzeuge, die uns helfen können, einerseits *zuverlässig Software zu entwickeln* (also Fehler im Programm zu entdecken und zu vermeiden), und andererseits *zuverlässige Software zu entwickeln* (also Abstraktionen, die auch im Fehlerfall ihre Gültigkeit behalten). Hierbei steht weniger die Vermittlung theoretischer Grundkenntnisse auf diesen Gebieten im Vordergrund, also vielmehr • die praktische Anwendung existierende Werkzeuge und Methoden • sowie die Erfahrung und das Verständnis ihrer Grenzen. Auf diese Weise soll ein Fundament für die konstruktive Umsetzung verlässlicher Echtzeitsysteme gelegt werden. Dieses Modul soll daher fundierte Anknüpfungspunkte für die Entwicklung verlässlicher Echtzeitsysteme vermitteln, die Ad-hoc-Techniken möglichst ersetzen sollen.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • nennen die Konzepte und die Taxonomie verlässlicher Systeme, unterscheiden Software- und Hardwarefehler und klassifizieren Fehler (Defekt, Fehler, Fehlverhalten). • stellen Fehlerbäume auf. • organisieren Softwareentwicklungsprojekte mittels der Versionsverwaltung git.

- vergleichen die verschiedenen Arten der Redundanz als Grundvoraussetzung für Fehlererkennung und -toleranz.
- entwickeln fehlertolerante Systeme mittels Replikation.
- diskutieren die Fehlerhypothese und die Sicherstellung von Replikdeterminismus.
- erläutern die Vor- und Nachteile softwarebasierter Replikation und den Einsatz von Diversität.
- wenden Informationsredundanz zur Härtung von Daten- und Kontrollflüssen an.
- bewerten die Effektivität der arithmetischer Codierung von Programmen und verallgemeinern diesen Ansatz auf die verschiedenen Implementierungsebenen (Maschinenprogramm zu Prozessinkarnation).
- interpretieren den Einfluss der Ausführungsplattform (Hardware, Betriebssystem) auf die Leistungsfähigkeit der Fehlererkennung.
- konzipieren eine fehlertolerante Ausführungsumgebung für ein softwarebasiertes TMR-System basierend auf ANBD-Codierung.
- nennen die Grundlagen der systematischen Fehlerinjektion.
- überprüfen die Wirksamkeit von Fehlertoleranzmechanismen mittels Fehlerinjektion auf der Befehlssatzebene.
- entwickeln Testfälle für die Fehlerinjektion mittels des fail** Werkzeugs.
- setzen Messergebnisse in Relation zu dem tatsächlichen Fehlerraum.
- beschreiben die Grundlagen der Fehlererholung (Vorwärts- bzw. Rückwärtskorrektur) und Reintegration fehlgeschlagener Knoten.
- vergleichen den Zustandstransfer am Beispiel der Running bzw. Recursive State Restoration.
- benennen Konzepte der Rückwärtskorrektur durch Entwurfsalternativen (Recovery Blocks).
- fassen die Grundlagen des dynamischen Testens zusammen.
- unterscheiden Black-Box und White-Box Testverfahren.
- konzipieren und implementieren Testfälle.
- überprüfen die Testüberdeckung anhand grundlegender Überdeckungskriterien (Anweisungs- bis Bedingungsüberdeckung).
- geben die Grundlagen der statischen Programmanalyse wieder.
- nennen die Funktionsweise von Hoare- WP-Kalkül.
- verifizieren eine Ampelsteuerung mittels des FramaC Werkzeugs zur statischen Analyse von C Programmen.
- beschreiben den Korrektheitsnachweis mittels abstrakter Interpretation und unterscheiden die konkrete von der abstrakten Programmsemantik.
- erläutern die Funktionsweise von Sammel- und Präfixsemantiken.

		• erstellen einen Korrektheitsbeweis für einen a-b-Filter mittels des Astrée Werkzeugs zur abstrakten Interpretation von C Programmen. • bewerten die Verlässlichkeit kommerzieller, sicherheitskritischer Systeme anhand von Fallstudien (Sizewell B, Airbus A320). • erschließen sich typische Probleme und Fehlerquellen bei der Programmierung von eingebetteten Systemen im Allgemeinen. • klassifizieren Fallstricke und Mehrdeutigkeiten in der Programmiersprache C99 im Besonderen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein. Weiterhin sind grundlegende Kenntnisse über Echtzeitsysteme, zum Beispiel durch den Besuch der Veranstaltung "Echtzeitsysteme", empfohlen. Eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang jedoch nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 179490	Real-time systems with extended exercises	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS) Vorlesung: Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS)	- - 5 ECTS
3	Lecturers	Peter Wägemann Simon Schuster	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus? In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt: • zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme • statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren • Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen • Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems. • bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart). • erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung. • klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem. • interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechnungssystem zu kontrollierenden Objekts.

- nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).
- unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).
- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben und konzipieren werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- Entwickeln und annotieren Flußrestriktionen für die statische WCET-Analyse.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).

- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.
- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.
- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).
- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleiche Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- entwickeln ein softwarebasiertes Oszilloskop und erstellen dessen zeitliche Analyse und Ablaufplanung.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.

		• ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph). • stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit). • beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse. • übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslösezeitpunkt/Termin, Phasenversatz). • konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos. • implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos. • gestalten einen Signal-Trigger für das entwickelte softwarebasierten Oszilloskops. • konzipieren explizite Synchronisation mittels Nachrichten in eCos. • wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an. • beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP). • nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen). • hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten. • bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung. • implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos. • analysieren Blockade für die Zugriffskontrolle in eCos. • erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht). • fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen. • erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich.

		Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. • Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000. • Wolfgang Schröder-Preikschat. System-programmierung. Vorlesungsfolien. 2006.

1	Module name 707303	Real-time systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS) Vorlesung: Echtzeitsysteme (2 SWS) Übung: Übungen zu Echtzeitsysteme (2 SWS)	- - 2,5 ECTS
3	Lecturers	Peter Wägemann Simon Schuster Tim Rheinfels	

4	Module coordinator	Peter Wägemann
5	Contents	Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus? In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt: • zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme • statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren • Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen • Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems. • bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart). • erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung. • klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem. • interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechnungssystem zu kontrollierenden Objekts.

- nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...).
- unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).
- skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls.
- entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 Microcontroller an.
- erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle
- ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden.
- erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten.
- unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus).
- benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert).
- erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit).
- unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen).
- beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-.
- vergleiche die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen.
- erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch).
- illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET).
- erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review.
- erproben werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs.
- beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode).
- skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit).
- erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorientierter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler).
- unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan) und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb.

- wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an.
- unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).
- nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten).
- erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen.
- beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse).
- implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos.
- unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme.
- erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen).
- vergleich Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung.
- unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound).
- diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen.
- erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos.
- klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit).
- definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch)
- zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf.
- beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb).
- quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems.
- formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing.
- beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern.
- unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX).
- wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an.
- arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing.
- ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph).
- stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit).
- beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse.

		• übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslöszeitpunkt/Termin, Phasenversatz). • konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos. • implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos. • wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an. • beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP). • nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen). • hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten. • bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung. • implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos. • erläutern die Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht). • fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen. • erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	Prerequisites	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig

13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. • Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000. • Wolfgang Schröder-Preikschat. Softwaresysteme 1. Vorlesungsfolien. 2006.

1	Module name 502509	Hardware-software-co-design	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Vorlesung: Hardware-Software-Co-Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Muhammad Sabih Tobias Hahn Dr.-Ing. Stefan Wildermann Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren. Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation. 1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen. 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung) 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese) 5) Verifikation und Cosimulation 6) Tafelübungen Content: Numerous realisations of embedded systems (e.g. mobile phones, fax machines, industrial controls) are characterised by cooperating hardware and software components. The popularity of such realisations can be explained by 1) the increasing diversity and complexity of heterogeneous systems, 2) the need to reduce design and testing costs, and 3) advances in key technologies (microelectronics, formal design methods). For example, semiconductor manufacturers

		offer low-cost ASICs that integrate a microcontroller and user-specific peripherals and data paths on a single chip. However, the synthesis of such systems raises a number of novel design problems, in particular 1) the issue of hardware and software component selection, 2) the partitioning of a specification into hardware and software, 3) the automatic synthesis of interface and communication structures, and 4) verification and cosimulation. 1) Overview and comparison of architectures and components in hardware/software systems. 2) Structure of a compiler and code optimisation procedures for hardware and software. 3) Hardware/software partitioning (partitioning of complex systems, estimation procedures, performance analysis, code generation) 4) Interface synthesis (communication types, synchronisation, synthesis) 5) Verification and cosimulation 6) Blackboard exercises
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen • Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet. Fachkompetenz - Verstehen • Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs. • Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme. Fachkompetenz - Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen. Competences: Professional competence - Knowledge • Students gain insight into a current field of research. Professional competence - Understanding • Students understand the basics of modern system design. • Students explain implementation alternatives for digital hardware/software systems. Professional competence - Application

		Students apply basic algorithms to analyse and optimise hardware/software systems.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung)“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung: - Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 - Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design

1	Module name 292952	Hardware-software-co-design (Lecture with extended exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Vorlesung: Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Muhammad Sabih Tobias Hahn Dr.-Ing. Stefan Wildermann Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	
5	Contents	Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren. Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation. 1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen. 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung) 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese) 5) Verifikation und Cosimulation 6) Tafelübungen 7) Demonstrationen mit rechnergestützten Entwurfswerkzeugen und praktische Übungen Content: Numerous realisations of embedded systems (e.g. mobile phones, fax machines, industrial controls) are characterised by cooperating hardware and software components. The popularity of such realisations can be explained by 1) the increasing diversity and	

		complexity of heterogeneous systems, 2) the need to reduce design and testing costs, and 3) advances in key technologies (microelectronics, formal design methods). For example, semiconductor manufacturers offer low-cost ASICs that integrate a microcontroller and user-specific peripherals and data paths on a single chip. However, the synthesis of such systems raises a number of novel design problems, in particular 1) the issue of hardware and software component selection, 2) the partitioning of a specification into hardware and software, 3) the automatic synthesis of interface and communication structures, and 4) verification and cosimulation. 1) Overview and comparison of architectures and components in hardware/software systems. 2) Structure of a compiler and code optimisation procedures for hardware and software. 3) Hardware/software partitioning (partitioning of complex systems, estimation procedures, performance analysis, code generation) 4) Interface synthesis (communication types, synchronisation, synthesis) 5) Verification and cosimulation 6) Blackboard exercises 7) Demonstrations with computer-aided design tools and practical exercises
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen • Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet. Fachkompetenz - Verstehen • Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs. • Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme. Fachkompetenz - Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen. • Die Studierenden wenden das erlernte Wissen in den erweiterten Übungen vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls an. Sozialkompetenz • Die Studierenden benutzen aktuelle Entwurfswerkzeuge für die Spezifikation, Optimierung und Prototypisierung von Hardware/Software-Systemen bei der kooperativen Bearbeitung der erweiterten Übung in Gruppen.

		Competences: Professional competence - Knowledge - Students gain insight into a current field of research. Professional competence - Understanding - Students understand the basics of modern system design. - Students explain implementation alternatives for digital hardware/software systems. Professional competence - Application - Students apply basic algorithms to analyse and optimise hardware/software systems. - The students apply the knowledge they have acquired in the extended exercises on site at the computer workstations of the department. Social competence - The students use current design tools for the specification, optimisation and prototyping of hardware/software systems in the cooperative processing of the extended exercise in groups.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio Klausur (90 min) und erfolgreicher Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls). Die Sprache der Klausur ist abhängig von der Wahl der Studierenden entweder Deutsch oder Englisch.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Modulnote ergibt sich aus der Klausurnote.
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:

	• Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 • Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design

1	Module name 645618	Human computer interaction	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Madeleine Flaucher Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher Wolfgang Mehringer Anastasiya Zakreuskaya
5	Contents	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. Die folgenden Themen werden im Modul behandelt: • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung 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: • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction • Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Learning objectives and skills	• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. Learning Objectives and Competences: • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44140	Interventional medical image processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Medical Image Processing for Interventional Applications (VHB-Kurs) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Manuela Meier Arpitha Ravi Celia Martín Vicario Luis Rivera Monroy	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	English Version: 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. Deutsche Version: 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.
6	Learning objectives and skills	English Version: The participants • summarize the contents of the lecture. • apply pre-processing algorithms such as scatter correction and edge-preserving filtering. • extract information from images automatically by image analysis methods such as key point detectors and segmentation algorithms. • calibrate projection geometries for single images and image sequences using the described methods. • develop non-rigid registration methods using variational calculus and different regularizers. • adopt algorithms to new domains by appropriate modifications. Deutsche Version: Die Teilnehmenden • fassen die Inhalte der Vorlesung zusammen. • wenden Vorverarbeitungsalgorithmen wie Streustrahlkorrektur und kantenerhaltende Filterung an. • extrahieren automatisch Informationen aus Bildern, indem sie Bildanalyseverfahren wie Punktdetektoren und Segmentierungsalgorithmen verwenden. • kalibrieren Projektionsgeometrien für Einzelbilder und Bildsequenzen mit den beschriebenen Methoden. • entwickeln nicht-starre Registrierungsmethoden mit Hilfe von Variationsrechnung und unterschiedlichen Regularisierern. • wenden Algorithmen auf neue Modalitäten durch entsprechende Änderungen im Algorithmus an.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich/mündlich (60 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich/mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 330467	Multimedia security	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Multimedia Security Exercises (2 SWS) Vorlesung: Multimedia Security (2 SWS)	- -
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Christian Rieß	

4	Module coordinator	
5	Contents	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: • Image forensics for manipulation detection in digital media. Statistical and physics-based features for manipulation detection. Detecting traces of manipulations versus validating image authenticity. • Blind source attribution: was an image or video captured with a particular camera? • Steganography for covert communication. Fundamental algorithms, when can their application be detected? • Watermarking for copyright protection in images/video. Fundamental algorithms, and their security. • Biometric features for person re-identification, and practical concerns on their implementation.
6	Learning objectives and skills	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 Die Studierenden implementieren ausgewählte Methoden in der Programmiersprache C++ (The participants implement selected methods in the C++ programming language). Sozialkompetenz Die Studierenden implementieren und diskutieren Beispielmethode in Gruppenarbeit (The participants implement and discuss the example method in groups). Die Studierenden diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkung von Multimediasicherheit am Beispiel aktueller Probleme (The participants discuss multimedia security's impact on society using current issues).
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	begleitend zu der Veranstaltung: - Husrev Sencar, Nasir Memon (Editors): "Digital Image Forensics. There is More to a Picture than Meets the Eye", Springer 2013. - Hany Farid: "Photo Forensics", MIT Press, 2016.

1	Module name 44120	Pattern analysis	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Pattern Analysis (3 SWS) Übung: Pattern Analysis Programming (1 SWS)	3,75 ECTS 1,25 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Christian Rieß Dalia Rodriguez Salas	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Christian Rieß
5	Contents	This module introduces the design of pattern analysis systems as well as the corresponding fundamental mathematical methods. The topics comprise: • clustering methods: soft and hard clustering • classification and regression trees and forests • 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 • 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 • linear and non-linear manifold learning: curse of dimensionality, various dimensionality reduction methods: principal component analysis (PCA), multidimensional scaling (MDS), isomaps, Laplacian eigenmaps • 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 • Markov random fields (MRF): definition, probabilities on undirected graphs, clique potentials, Hammersley-Clifford theorem, inference via Gibbs sampling and graph cuts Das Modul führt in das Design von Musteranalysesystemen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Methoden ein. Die Vorlesung umfasst im Einzelnen: • Clustering-Methoden: Soft- und Hard-Clustering • Klassifikations- und Regressionsbäume/-wälder • parametrische und nicht-parametrische Dichteschätzung: Verfahren sind ML- und MAP-Schätzung, Histogramme, Parzenschätzung, Zusammenhang gefaltete Histogramme und Parzenschätzung, adaptives Binning mit Regressionsbäumen. • 'Mean Shift'-Algorithmus: lokale Maximierung durch Gradientenaufstieg bei nicht-parametrischen Dichtefunktionen, Anwendungen des 'Mean Shift'-Algorithmus zum Clustering, Farbquantisierung und Objektverfolgung

		• Linear and Non-Linear Manifold Learning: Curse of Dimensionality, Verschiedene Methode zur Dimensionsreduktion: Principal Component Analysis (PCA), Multidimensional Scaling (MDS), Isomap, Laplacian Eigenmaps • Gaußsche Mischverteilungsmodelle (GMM) und Hidden-Markov-Modelle (HMM): 'Expectation Maximization'-Algorithmus, Parameterschätzung, Bestimmung der optimalen Zustandsfolge/Viterbi-Algorithmus, Vorwärts-Rückwärts-Algorithmus, Skalierung • Markov-Zufallsfelder: Definition, Wahrscheinlichkeiten auf ungerichteten Graphen, Cliques-Potenziale, Hammersley-Clifford-Theorem, Inferenz mit Gibbs-Sampling und Graph Cuts
6	Learning objectives and skills	The students • explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns, • compare and analyze methods for manifold learning and select a suited method for a given set of features and a given problem, • compare and analyze methods for probability density estimation and select a suited method for a given set of features and a given problem, • apply non-parametric probability density estimation to pattern analysis problems, • apply dimensionality reduction techniques to high-dimensional feature spaces, • explain statistic modeling of feature sets and sequences of features, • explain statistic modeling of statistical dependencies, • implement presented methods in Python, • supplement autonomously the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature, • discuss the social impact of applications of pattern analysis solutions. Die Studierenden • erläutern die behandelten Methoden zur Klassifikation, Vorhersage und Analyse von Mustern, • vergleichen und analysieren Methoden des Manifold Learning und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus, • vergleichen und analysieren Methoden zur Dichteschätzung und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus, • wenden nicht-parametrische Dichteschätzung auf Probleme der Musteranalyse an, • wenden Dimensionsreduktion bei hochdimensionalen Merkmalsräumen an,

		• erläutern statistische Modellierung von Merkmalsmengen und Merkmalsfolgen, • erklären statistische Modellierung abhängiger Größen, • implementieren vorgestellte Verfahren in Python. • ergänzen eigenständig mathematische Grundlagen der präsentierten Methoden durch selbstbestimmtes Studium der Literatur • diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkungen von Anwendungen der Musteranalyse
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel (60 Minuten)
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Begleitende Literatur / Accompanying literature: • C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 • T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, 2nd Edition, Springer Verlag, 2009 • A. Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	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. The lecture covers the following topics: • visualization design basics (data abstraction, visual encoding of information), • a review of scalar and vector calculus (differential properties, extremal and critical points), • data structures and data acquisition techniques (grids, interpolation, and differentiation), • indirect volume visualization (marching cubes and contour trees), • direct volume visualization (ray marching and Monte Carlo rendering), • elementary and line-based flow visualization (numerical integration, seeding, rendering), • surface-based flow visualization (integration, selection, rendering), • topology-based flow visualization (topological skeleton, bifurcations, feature flow fields), • feature-based flow visualization (vortices, material boundaries, Lagrangian coherent structures), • advanced methods (tensor visualization, uncertainty, ensembles)
6	Learning objectives and skills	Students are able to: • use perception basics to select appropriate visualization methods • classify data and select appropriate visualization techniques • calculate differential properties of scalar and vector fields • identify features in scalar and vector-valued data • implement numerical extraction algorithms • learn the advantages and disadvantages of common visualization techniques

7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

Elective modules

1	Module name 571704	4G/5G mobile communications systems	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: 4G/5G Mobile Communication Systems (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Stefan Brück	

4	Module coordinator	Dr. Stefan Brück Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker
5	Contents	Mobile communication plays a significant role in our daily life. Over the last three decades the mobile applications have been tremendously enhanced from voice only over mobile broadband to applications for the mobile internet. Currently, the next generation of cellular systems, the so-called 5th Generation (5G) is developed and first commercial 5G networks are expected to be deployed around mid of 2019. 5G will play an outstanding role for the Internet of Things and will redefine a wide range of industries by enabling new use cases. This lecture will provide the technical foundation of 4G (LTE) and 5G mobile communication systems with a focus on the radio access network and the PHY & MAC layer concepts.
6	Learning objectives and skills	The students • learn the technical history of mobile communications from 2nd (GSM), 3rd (UMTS), 4th (LTE) to the 5th (5G New Radio) Generation • understand the system and radio access network architecture of modern cellular communications systems and their enhancements towards 5G • compare the physical layer design of LTE and 5G New Radio • discuss how 5G networks are designed to address a wide range of diverse services and devices • analyze enhanced radio resource management concepts for use cases like cellular V2X (Vehicle-to-Everything) and NB-IoT (Narrowband Internet of Things) Die Studierenden • erfahren die technische Geschichte der Mobilkommunikation von der 2. (GSM), 3. (UMTS), 4. (LTE) bis zur 5. Generation (5G New Radio) • verstehen die System- und Funkzugangsnetzarchitektur moderner zellulärer Kommunikationssysteme und ihre Verbesserungen bei 5G • vergleichen das Design der physikalischen Übertragungsschicht von LTE und 5G New Radio • diskutieren, wie 5G-Netze für eine breite Palette unterschiedlicher Dienste und Geräte konzipiert sind • analysieren verbesserte Funkressourcenverwaltungskonzepte für Anwendungsfälle wie zellulare V2X (Vehicle-to-Everything)

		Kommunikation und das NB-IoT (Schmalband-Internet der Dinge)
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Lecture Notes 4G/5G Mobile Communication Systems

1	Module name 869547	Advanced networking LEx	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Advanced Networking (2 SWS) Übung: Advanced Networking Exercises (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher Dr.-Ing. Peter Bazan	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher
5	Contents	Für die durch Big Data, Cloud Computing, Internet-of-Things (IoT) und mobile Endgeräte hervorgerufenen Herausforderungen sind neue Architekturen für Rechnernetze entstanden: Software-Defined-Networking (SDN) entkoppelt die Data Plane (Weiterleitung von Paketen, auf handelsüblicher Hardware) und die Control Plane (Steuerung, auf leistungsfähigen Plattformen) und bietet offene Programmierschnittstellen; Network Functions Virtualization (NFV) erweitert Konzepte zur Server- und Netzwerkvirtualisierung, so dass bisher auf proprietärer Hardware ausgeführte Netzwerkfunktionen (wie z.B. Routing) ebenfalls virtualisiert und auf handelsüblicher Hardware ausgeführt werden können. Die Vorlesung stellt hinter diesen Technologien stehende Konzepte und Standards vor und zeigt, wie sie für Rechenzentren, für Cloud- und Fog-Computing und für IoT-Anwendungen eingesetzt werden können. Content: New architectures for computer networks have emerged to meet the challenges posed by Big Data, Cloud Computing, Internet-of-Things (IoT) and mobile devices: Software-Defined-Networking (SDN) decouples the data plane (forwarding of packets, on commercially available hardware) and the control plane (control, on powerful platforms) and offers open programming interfaces; Network Functions Virtualization (NFV) extends concepts for server and network virtualisation, so that network functions (such as routing) previously executed on proprietary hardware can also be virtualised and executed on commercially available hardware. The lecture introduces concepts and standards behind these technologies and shows how they can be used for data centres, for cloud and fog computing and for IoT applications.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen Die Studierenden erlangen Verständnis der grundlegenden Konzepte von • Software Defined Networking • Network Function Virtualization

		• Internet of Things • Cloud Computing. Anwenden Die Studierenden wenden die Erkenntnisse in Übungsaufgaben an. Erschaffen Die Studierenden erstellen eigene Laborkonfigurationen zu • Software Defined Networking • Internet of Things. Competences: Professional competence Understanding Students will gain an understanding of the basic concepts of • Software Defined Networking • Network Function Virtualization • Internet of Things • Cloud Computing. Apply Students apply the knowledge gained in exercises. Create The students create their own laboratory configurations on • Software Defined Networking • Internet of Things.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	William Stallings: Foundations of Modern Networking - SDN, QoE, IoT, and Cloud; Pearson

1	Module name 465562	Advanced programming techniques (lecture and exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Advanced Programming Techniques (4 SWS) Übung: Exercises for Advanced Programming Techniques (2 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Harald Köstler Nils Kohl	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Harald Köstler
5	Contents	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. 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. 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. 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.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Lernende können die grundlegenden Sprachkonstrukte in den verschiedenen C++ Standards wiedergeben. Students know the basic language constructs from different C++ standards. Verstehen 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. Anwenden

		Lernenden können Standardalgorithmen in einer objektorientierten Programmiersprache implementieren. Students can implement standard algorithms in an object oriented programming language. Analysieren 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. Evaluieren (Beurteilen) Lernende können entscheiden, welches Software Design passend für eine bestimmte Aufgabe ist. Sie können auch den Implementierungsaufwand dafür abschätzen. Students can decide, which software design fits for a certain task. They are also able to estimate the programming effort for it. Erschaffen Lernende entwickeln selbständig in einer Gruppe ein größeres Softwarepaket im Bereich Simulation und Optimierung. Students develop together in a group a larger software project in the area of simulation and optimization on their own.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 165 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• S. Lippman: C++ Primer, Addison-Wesley • S. Meyers: Effective C++ Third Edition, Addison-Wesley • H. Sutter: Exceptional C++, Addison-Wesley

1	Module name 93172	AI-enabled Wireless Networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: AI-enabled wireless networks (2 SWS) Übung: Literature review on the application of machine learning in wireless networks (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi
5	Contents	This course introduces machine learning algorithms such as supervised, unsupervised, reinforcement, deep, and federated learning and their application in the next generation wireless and mobile networks. Different ML use cases are explained which solve problems in different layers of the protocol stack from the physical layer to the application layer. The course includes the following topics: 1.Introduction to machine learning algorithms 2.Python programming language and its ML tools 3.AI-enabled wireless and mobile networks 3.1Cellular networks and ML use cases 3.1.1History of 2G to 4G, 5G and 6G vision 3.1.2ML use cases in physical, MAC and higher layers 3.25G-V2X (cellular-V2X) and ML use cases 3.2.1Sidelink communication as the key enabler 3.2.25G-V2X features and use cases 3.2.3ML use cases in 5G-V2X 3.3Intelligent wireless networks 3.3.1Cognitive radio networks 3.3.2ML use case in wireless networks 4.Standardization activities on AI-enabled wireless networks 4.1.13GPP and 5GAA 4.1.2ETSI Zero touch networks

		Exercises: Literature review on the application of machine learning in wireless networks The exercise of this course includes a literature review research project where students work individually on a relevant topic. The steps to accomplish the research project are as follows: A. Select a topic relevant to the application of ML in wireless networks and register it by email B. Search for the relevant papers and make a list of papers C. Study the papers and prepare a summary D. Present the outcomes Each student should present her/his research study in an intermediate and a final presentation. A summary paper should be written following the "survey papers guideline" using IEEE format. The grade of the research project will be considered as a "Bonus point" (up to 20%) for the final grade.
6	Learning objectives and skills	The students will be able to gain the following competencies after the successful completion of the course: • Have knowledge on machine learning algorithms, current and the next generation wireless and mobile networks and their use cases • To know how to develop machine learning algorithms in Python • Know the most important problems in wireless and mobile networks which can be solved by machine learning algorithms • Have an insight on the exiting work relevant to the topic of the course • Learn the procedure of a scientific research study and publication of the outcome
7	Prerequisites	*Motivation:* Rapid growth in the number of connected wireless nodes such as mobile phones, low power IoT devices, connected vehicles, etc. will expand the scale of the next generation of wireless and mobile networks. Moreover, the foreseen use cases like connected autonomous vehicles, smart homes and cities, ultra-fast and reliable industrial wireless networks, etc. will require ultra-low latency and highly reliable communication. Existing and traditional algorithms are not feasible for the optimization and management of such networks to fulfill the requirements of the emerging use cases due to their high complexity, high dynamicity, and the massive amount of the generated data by connected devices. Recently, artificial intelligence (AI) is planned to be utilized as a new paradigm for the

		design, development and optimization of the next generation wireless and mobile networks. Machine learning (ML) as a subset of AI will be applied to develop intelligent wireless nodes and infrastructures to address the demands of future use cases.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Dahlman, Erik, Stefan Parkvall, and Johan Skold. 5G NR: The next generation wireless access technology. Academic Press, 2020. Sun, Yaohua, et al. "Application of machine learning in wireless networks: Key techniques and open issues." IEEE Communications Surveys & Tutorials 21.4 (2019): 3072-3108. Harounabadi, Mehdi, et al. "V2X in 3GPP Standardization: NR Sidelink in Release-16 and Beyond." IEEE Communications Standards Magazine 5.1 (2021): 12-21. Xie, Junfeng, et al. "A survey of machine learning techniques applied to software defined networking (SDN): Research issues and challenges." IEEE Communications Surveys & Tutorials 21.1 (2018): 393-430.

1	Module name 93050	Algorithms and data structures	10 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Rechnerübungen zu Algorithmen und Datenstrukturen (2 SWS) Vorlesung: Algorithmen und Datenstrukturen (4 SWS) Übung: Tafelübungen zu Algorithmen und Datenstrukturen (2 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Norbert Oster Dr.-Ing. Norbert Oster Prof. Dr. Christoph Pflaum Prof. Dr. Harald Köstler	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Philippsen
5	Contents	• Grundlagen der Programmierung • Datenstrukturen • Objektorientierung • JAVA-Grundkenntnisse • Aufwandsabschätzungen • Grundlegende Algorithmen
6	Learning objectives and skills	<u>A - Fachkompetenz:</u> Die Studierenden... 1.) Grundlagen der Programmierung in Java • interpretieren Syntaxdiagramme für grundlegende Programmstrukturen und übertragen diese in entsprechenden Java-Code • deklarieren und verwenden Variablen mit adäquatem Java-Datentyp (primitive Typen, Reihungen, Zeichenketten) • überprüfen die Zulässigkeit der Variablendeklaration und -Wertzuweisung nach Java-Typ-Regeln • bestimmen den Datentyp und den Wert eines Java-Ausdrucks mit primitivem Datentyp und zugehörigen Operatoren • überführen einfache mathematische Ausdrücke in Java-Code • werten zusammengesetzte Bedingungen nach den Regeln der strikten bzw. faulen Auswertung für Java aus • konzipieren zu einer gegebenen Aufgabenstellung einen Algorithmus • implementieren einfache Algorithmen in Java unter Verwendung verschiedener Kontrollstrukturen • bestimmen die Gültigkeitsbereiche der Variablen anhand der Blockstruktur eines Java-Programms • strukturieren Java-Code in Methoden und entwickeln wiederverwendbare Funktionen 2.) Rekursion • beurteilen den Typ der Rekursion für gegebene Java-Methoden

- entwerfen rekursive Algorithmen zu einer gegebenen Problemstellung unter Anwendung des Induktionsprinzips, des Teile-und-Herrsche-Prinzips sowie des Rücksetzverfahrens und implementieren diese jeweils in Java
- entwickeln effizientere Lösungen, indem sie rekursive Methoden in endrekursive bzw. iterative Methoden umwandeln, implementieren diese jeweils in Java-Code und bewerten deren Laufzeit- und Speicherverbrauch
- bewerten und verbessern rekursive Lösungen unter Verwendung von Dynamischer Programmierung und implementieren diese in Java-Code

3.) Aufwandsanalyse

- analysieren den Laufzeitaufwand und den Speicherbedarf verschiedener Implementierungen
- klassifizieren den asymptotischen Laufzeitaufwand anhand der Komplexitätsklassen des O-Kalküls
- unterscheiden verschiedene Sortierverfahren (Blasensortierung, Sortieren durch Auswählen/Einfügen, Haldensortierung, Sortieren durch Verschmelzen/ Zerlegen/Fachverteilen) hinsichtlich ihres Laufzeit- und Speicherplatzbedarfs

4.) Objekt-Orientierte Programmierung in Java

- implementieren Java-Klassen gemäß textueller oder graphischer (UML) Spezifikation
- wenden Verfahren zur systematischen Ableitung von Klassen und Attributen (Hauptwortextraktion), ihren statischen Beziehungen (Vererbung, Polymorphie, Assoziationen) und ihrem dynamischen Zusammenspiel (CRC, Kollaboration) aus einer textuellen Problemstellung an und entwickeln so kleine objekt-orientierte Java-Programme
- instantiieren Klassen und verwenden Objektvariablen sachgerecht
- unterscheiden statische und dynamische Bindung gemäß Polymorphie-Konzept von Java und wenden die Erkenntnisse sachgerecht bei der Entwicklung eigener Applikationen an

5.) Robustes Programmieren

- wenden Checklisten an, um typische Programmierfehler im Vorfeld zu vermeiden oder nach der Programmierung zu identifizieren
- benutzen verschiedenen Möglichkeiten zur Absicherung gegen Fehlersituationen und zur Fehlerrückmeldung (Rückgabewert, Ausnahmebehandlung)
- wenden Junit zum Testen von Java-Programmen an

- setzen Verfahren und Werkzeuge zur systematischen Lokalisierung und Behebung von Programmfehlern an (Debugging) und verbessern ihre Lösungen auf diese Weise iterativ

6.) Elementare Datentypen

- übertragen eine Spezifikation in Form eines Abstrakten Datentyps (ADT) in ein gleichwertiges Java-Modul
- erstellen eine formale Spezifikation eines Datentyps in Form eines Abstrakten Datentyps (ADT) aus einer gegebenen textuellen Beschreibung
- verstehen die grundlegende Behälterdatentypen (Liste, Stapel, Schlange, Streutabelle) und deren Eigenschaften (insbesondere Laufzeit- und Speicherplatzbedarf ihrer Operationen)
- verwenden generische Behälterdatentypen sachgerecht in eigenen Programmen
- kennen die Verfügbarkeit generischer Behälterdatentypen in der Java-API und erschließen sich bei Bedarf selbst neue Datentypen sowie deren Funktionen aus der zugehörigen API-Spezifikation für die Verwendung in eigenen Programmen

7.) Bäume und Graphen

- bewerten verschiedene Baum- und Graphdarstellungen hinsichtlich Zeitaufwand und Speicherbedarf
- unterscheiden und klassifizieren die grundlegenden Baum-Arten (Suchbaum, AVL-Baum, Halde)
- wenden die Grundoperationen (Einfügen, Suchen, Löschen, ggf. Restrukturieren) anhand von Beispieldaten auf gegebene Bäume artgerecht an
- implementieren und verwenden verschiedene Baumstrukturen sachgerecht in eigenen Java-Programmen
- führen verschiedene Durchlaufmöglichkeiten (Tiefensuche (DFS), Breitensuche (BFS)) für Graphen und Bäume auf Beispieldaten aus und setzen diese zielführend in eigenen Java-Programmen ein
- wenden grundlegende Graphalgorithmen (Dijkstra, Floyd, Prim, Kruskal) auf Beispieldaten an und implementieren diese Verfahren in Java-Code

B - Selbst- und Sozialkompetenz:

Die Studierenden...

- organisieren sich selbständig zu Gruppen und koordinieren in gegenseitiger Absprache den organisatorischen und technischen Ablauf der Gruppenarbeiten

		• kommunizieren und erarbeiten gemeinsam Lösungen für theoretische Fragestellungen und praktische Programmieraufgaben in Rahmen von Gruppenaufgaben • planen und wenden zielgerichtet Maßnahmen zu gegenseitigen Qualitätssicherung der eingereichten Lösungen an (prüfen wechselseitig die Gruppenabgaben) • verantworten gemeinsam das Ergebnis ihrer Gruppenarbeit, deren Bewertung für beide Gruppenpartner gleichermaßen gilt
7	Prerequisites	Wichtiger Hinweis: Die Vorlesung fand letztmals im Wintersemester 2021/22 statt. Übungsbetrieb und Klausur werden vorerst noch in jedem Semester angeboten, allerdings endet das Angebot in naher Zukunft.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Übungsleistung Klausur (120 Minuten)
11	Grading procedure	Übungsleistung (0%) Klausur (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 120 h Independent study: 180 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Lehrbuch: Saake, Sattler: Algorithmen und Datenstrukturen - Eine Einführung mit JAVA

1	Module name 965820	Approximate computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Exercises to Approximate Computing (0 SWS) Vorlesung: Approximate Computing (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Chetana Pradhan Pierre-Louis Sixdenier Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich Prof. Dr. Oliver Keszöcze	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr. Oliver Keszöcze Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	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. 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. 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).
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen - The students know the principles and benefits of Approximate Computing and when it is applicable. - The students know multiple error metrics and their semantic meaning. Fachkompetenz - Verstehen - The students understand the difference between the error metrics. - The students understand the principle of function falsification. - The students can apply the presented approximation techniques.

		Fachkompetenz - Anwenden The students are capable of choosing the appropriate approximation technique based on given requirements.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/approximate-computing

1	Module name 44522	Audio Processing for the Internet of Things	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Audio Processing for the Internet of Things (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Nils Peters Dr.-Ing. Stefan Turowski	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Nils Peters	
5	Contents	The course focuses on audio and speech processing algorithms within the context of the Internet of Things (IoT). • Foundation (history, components, current challenges) • Overview of relevant wireless protocols (bandwidth, range, latency, spectrum) • Audio device synchronization (NTP, PTP, device orchestration, acoustic wireless sensor networks, asynchronous and event-driven audio sampling) • Acoustic Sensing for Voice User Interfaces (keyword spotting, speech recognition, speaker verification, anti-spoofing) • Acoustic Scene Detection (event detection, scene classification, anomaly detection, sound tagging, blind reverb estimation) • Sound Creation (text-to-speech, sound generative networks) • Data-over-sound (sound-beacon, watermarking, acoustic fingerprint) • Privacy in IoT (edge vs. cloud processing, secure signal processing, federated learning, differential privacy, audio encryption)	
6	Learning objectives and skills	The students will be able to • understand the principles, key components, and current in IoT • know the differences between various wireless transmission protocols and can give recommendations based on the IoT use case • understand the differences of edge- and cloud-based audio signal processing • understand algorithmic strategies to enhance privacy in IoT use cases • understand the algorithmic components in a voice user interface • understand state-of-the art methods for detection and classification of acoustic scenes and events • learn and apply algorithms to transmit data via acoustic signals • quantify the impact of latency in audio networks and apply strategies for acoustic device synchronization	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191	

10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Recommendations for each topic are given during the lectures

1	Module name 47662	Becoming an Innovative Engineer	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Becoming an innovative engineer (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Marlies Nitschke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Marlies Nitschke
5	Contents	The online course "Becoming an innovative engineer will complement the technical knowledge which you gained in other courses. It therefore gives you a broad overview about various topics and empowers you to make use of your technical background to become an innovative engineer. The course comprises seven topics to fulfill the learning objectives described below: 1) Empowerment and Teamwork: Theory of enterprise content management which is fundamental for successful teamwork. 2) Organizational Creativity: Individual creativity, team creativity, and organizational creativity since innovation requires creativity. 3) Business Design: Insights into what must be considered when founding a business. 4) Prototyping: Basics of prototyping as it is key for fast and efficient development. 5) Agile Development: Agile development methods empowering them to manage their development workflow. 6) Source Control via Git: How source code can be efficiently controlled using git. 7) Testing of Software Systems: Fundamentals and principles of software testing which is necessary for every successful software product. This course is a shared online course of the [HMDA] https://www.masterhmda.eu/ partner universities and was created at the FAU with support of [EIT Health] https://eithealth.eu/.
6	Learning objectives and skills	After completing this module, students will be able to • work successfully in a team. • to create innovative ideas. • explain what is important for a successful business. • efficiently realize software ideas.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (60 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)

12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96312	Image, video and multidimensional signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Punktoperationen* Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur *Binäroperationen* Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing *Farbräume* Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum *Mehrdimensionale Signale und Systeme* Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter *Interpolation von Bildsignalen* Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation *Merkmalsdetektion in Bildern* Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix *Skalierungsraumdarstellung* LoG, DoG, SIFT, SURF *Bildabgleich* Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC *Bildsegmentierung* Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos

Bildverarbeitung im Transformationsbereich

Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT

Content:

Point operations

Histogram equalization, gamma correction

Binary operations

Morphological filters, erosion, dilation, opening, closing

Color spaces

Trichromacy, red-green-blue color spaces, color representation using hue, saturation and value of intensity

Multidimensional signals and systems

Theory of multidimensional signals and systems, impulse response, linear image filtering, power spectrum, Wiener filtering

Interpolation of image signals

Bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, spline interpolation

Image feature detection

Image features, edge detection, Hough transform, Harris corner detector, texture features, co-occurrence matrix

Scale space representation

Laplacian of Gaussian, difference of Gaussian, scale invariant feature transform, speeded-up robust feature transform

Image matching

Projective transforms, block matching, optical flow, feature-based matching using SIFT and SURF, random sample consensus algorithm

Image segmentation

Amplitude thresholding, k-means clustering, Bayes classification, region-based segmentation, combined segmentation and motion estimation, temporal segmentation of video

		Transform domain image processing Unitary transform, Karhunen-Loeve transform, separable transform, Haar and Hadamard transform, DFT, DCT
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur • testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten • unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten • erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale • berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales • bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation • überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale • analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces • erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten • segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren • verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden. The students • understand point operations for image data and gamma correction • test the effects of rank order and median filters for image data • evaluate and differentiate between different color spaces for image data • explain the principle of two-dimensional linear filtering for image signals • calculate and evaluate the two-dimensional discrete Fourier transform of an image signal • determine enlarged discrete image signals by bi-linear and spline interpolation • verify image data for selected texture, edge and motion features • analyze image and video data for features in different scale spaces • explain and evaluate methods for the matching of image data

		• segment image data by implementing basic classification and clustering methods • understand the principle of transformations on image data and apply them exemplarily
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I und II
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	J.-R. Ohm: [Multimedia Content Analysis], Springer, 2016 J. W. Woods: [Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding], Academic Press, 2nd edition, 2012

1	Module name 816185	Body area communications	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Body Area Communications (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Benedict Scheiner	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Contents: The Lecture and exercise deals with the following topics: • Introduction to Body Area Communications • Electromagnetic Characteristics of Human Body • Electromagnetic Analysis Methods • Body Area Channel Modeling • Modulation/Demodulation • Body Area Communication Performance • Electromagnetic Compatibility Consideration
6	Learning objectives and skills	Learning objectives • Students understand the challenges in designing Body Area Communication (BAC) systems • Students can conduct basic design decisions with BAC systems, like frequency and modulation selection • Students understand electromagnetic wave propagation in bodies • Students understand the frequency dependent loss and propagation behavior of electromagnetic waves • Students can analyze the communication performance of a BAC system • Students can evaluate Electromagnetic Compatibility of a BAC system • Students can assess the field strength inside body and relate it to regulatory limits like SAR (Specific Absorption rate), frequency dependent maximum electrical and magnetic field strength • Students can sketch block diagrams of BAC systems • Students can derive channel models for BAC
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch

16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 412023	Channel coding on graphs	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Channel Coding on Graphs (4 SWS) Übung: Channel Coding on Graphs - Tutorial (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Nikita Shanin	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	*Description* In today's communications world, channel coding underlies the physical layer of all major communication systems. For example: algebraic block coding (Reed-Solomon codes) are used in the CD and DVD standards; trellis coded modulation is used in line modems; low-density parity check codes (LDPC) are used in satellite communications (DVB-S2 standard), LAN (10GBase-T Ethernet) and wireless LAN (Wi-Fi 802.11); turbo codes are implemented in 3G/4G mobile communications (e.g. in UMTS and LTE) and in (deep space) satellite communications. Recently, polar codes have been adopted for the eMBB (Enhanced Mobile Broadband) control channels for the 5G NR (5th Generation New Radio) interface. Objective of this course is to provide an introductory but thorough background on codes over graphs and covers both classical convolutional codes and the modern theory of random-like codes with iterative decoding. Namely, LDPCs (Low Density Parity Check Codes, Turbo Codes, and Polar Codes. Students will acquire the fundamental knowledge to design and analyze performance of channel codes on graphs, as well as implement the corresponding encoders and decoders. *Technical Content* • Role of channel coding in a communication system. • Idealized channel models : the binary symmetric channel (BSC), the binary erasure channel (BEC), the constrained-input Gaussian channel. • Some preliminary basic concepts from linear block codes: Parity Check, Hamming distance, weight enumerating functions, performance evaluations, and performance bounds. • Factor graphs and belief propagation. • Binary random-like codes: LDPC codes and message-passing decoding, threshold behaviour of message passing decoding: density evolution analysis. Design of LDPC ensembles. • Polar Codes: Polarization, polar channel coding, performance, encoding and decoding. • Binary convolutional codes : the algebraic structure, the dynamic structure, Viterbi decoding, performance analysis via weight enumerating function, the forward-backward algorithm. • Other random-like codes: the Turbo Codes. Efficient decoding of Turbo Codes via forward-backward algorithm and

		interpretation via factor graphs. Performance analysis and exit charts.
6	Learning objectives and skills	The student Uses idealized channel models (the binary symmetric channel (BSC), the binary erasure channel (BEC), the constrained-input Gaussian channel) to compute their capacities Contrasts soft output decoders with disjoint detection and decoding, maximum likelihood and maximum a posteriori decoders Relates the concepts of Parity Check, Hamming distance, weight enumerating functions to the performance analysis of codes on graphs Devises factor graphs of proposed communication systems Assesses and justifies the applicability of belief propagation to given factor graphs Assesses and justifies the applicability of message passing to codebooks defined in terms of Tanner graph or parity check matrix Applies message passing to codebooks defined in terms of Tanner graph or parity check matrix Analyses the performance of LDPC code decoding via density evolution Computes exit charts for LDPC codes for the equations of the density evolution Designs LDPC ensemble for a given channel to maximize the code rate Justifies the design of LDPC codes via design of LDPC ensembles Interprets convolutional codes as linear block codes Compares algebraic and dynamic representations of convolutional codes Computes steps of the Viterbi algorithm Summarizes and justifies the fundamental structure of the Viterbi algorithm Computes steps of the BCJR algorithm Summarizes and justifies the fundamental structure of BCJR algorithm

		Compares Viterbi and BCJR algorithms Justifies low complexity and/or practical implementations of the Viterbi and the BCJR algorithm Attaches a direct graph to a convolutional code and computes its transfer function Assesses the performance of the Viterbi decoder via (bit) weight enumerating function based on the transfer function method Interprets a BCJR algorithm as message passing over a factor graph Combines encoders of convolutional codes to generate parallel concatenated codes with interleaver (turbo codes) of given rate Combines encoders of convolutional codes to generate serial concatenated codes with interleaver (turbo codes) Compares the key features of parallel concatenated codes with interleaver (turbo codes) to serial concatenated codes with interleaver (turbo codes) Designs decoders for turbo codes utilizing coupled BCJR-based decoders for convolutional codes Interprets turbo decoders as factor graphs and justifies their implementation via message passing Assesses the performance of turbo codes using exit charts Formulates the concept of source polarization and relates it to polar channel coding Interprets polar channel coding as factor graphs Designs polar channel codes Argues about capacity achievability of polar channel codes
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44445	Cognitive Neuroscience for AI Developers	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Cognitive Neuroscience for AI Developers (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Patrick Krauß Prof. Dr. Andreas Kist	

4	Module coordinator	
5	Contents	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. 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. 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.
6	Learning objectives and skills	The students • Explain the principles of neural information processing in the brain • compare and analyze methods from neuroscience to study neural networks • explain the neuroscientific underpinnings of artificial intelligence • explain principles and concepts of cognitive science • explain principles and concepts of neuroscience • compare and analyze machine learning methods to analyze neural data • explain approaches from deep learning to model brain function • discuss the commonalities of neuroscience and artificial intelligence • implement the presented methods in Python • explain concepts from cognitive neuroscience for the design of artificial intelligence systems
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)

12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 60 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	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	Module name 700506	Communications systems design	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Communications Systems Design (2 SWS) Praktikum: Praktikum Communications Systems Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller Arslan Ali Arslan Ali Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller	

4	Module coordinator	Arslan Ali Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Learning based on LabVIEW communications and NI USRP: Introduction to USRP including hardware blocks of Tx/Rx chains Getting familiar with LabVIEW communications environment and controlling VIs (Panel, diagram, etc.) and fundamentals of LabVIEW programming: data types, arrays, flow control (for/while loop), clusters, case structures, signal sources, sinks, signal processing tools, filters, time/ frequency domain analysis, etc. Transmission and reception of analog modulation schemes: AM/DSB-SC and FM Implementation of digital modulation schemes: ASK, FSK, BPSK, QPSK, 16-QAM, etc. Digital Tx/Rx: symbol mapping, upsampling/downsampling, pulse shaping (rectangular, Gaussian, RRC), matched filtering, pulse alignment, synchronization, and detection Phase synchronization, FDM and image rejection algorithm Eye diagram analysis: ISI, clock jitter, optimal sampling time, detection threshold Power control for over-the-air transmission in sub-6 GHz ISM bands and analysis on fading and multipath propagation effects Channel estimation, equalization (decision directed, linear LS, adaptive LMS), modelling: coherence bandwidth and propagation delay

		Learning based on MATLAB and USRPs (Communications toolbox and SDR support packages): OFDM Tx/Rx with frequency domain equalization (FDE) and synchronization (training sequence and frame detection) LTE downlink transmission (MIMO) including system information blocks (SIB) and spectrum analysis including estimation/calibration of carrier frequency offset (CFO) Impairments/distortion analysis: ACPR, EVM tool: IQ offset errors, phase noise, PA nonlinearity, etc. Learning based on GNU Radio and RTL-SDR: Introduction to GNU Radio with RF prototyping demonstration Spectrum analyzer implementation: RBW, VBW, sweep time, and phase noise Small Project/assignment for students
6	Learning objectives and skills	Students Can bridge the gap between communications theory, analog/digital baseband, and RF design Can develop quick and flexible prototypes for real-time communications systems and standards using SDR solutions Can determine the design parameters and assess the interaction between various analog and digital parts Can create efficient Tx/Rx programs and signal processing algorithms in LabVIEW, MATLAB, and GNU Radio Can implement channel estimation and equalization algorithms in TDD and FDD systems Can demonstrate MIMO and OFDM based systems like LTE and beyond Can quantify and evaluate system performance using EVM and impairments analysis
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 48447	Compressive Sensing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Compressive Sensing (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Ali Bereyhi	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	This lecture aims to provide a good background on the concept of compressive sensing and its applications in communications and signal processing. *Part I: Compressive Sensing from the Classical Viewpoint* In the first part, the classic problem of compressive sensing is explained. Important algorithms for sparse recovery in cases with noise-free underdetermined measurements are studied. These algorithms are then modified to address sparse recovery from noisy measurements. Once basic concepts and algorithms are studied, we start with typical analyses in compressive sensing. In this respect, the null space property, restricted isometry property (RIP) and the coherence of a matrix are introduced. Based on these definitions, the concept of recovery guarantee for a sparse recovery algorithm is explained. We then study important recovery guarantees and give some examples of detailed analyses. Finally, we give an introduction to compressive sensing via random matrices and present some key results in this respect. *Part II: Compressive Sensing from a Bayesian Viewpoint* In the second part of the course, we show that compressive sensing can be observed as a Bayesian inference problem. This new viewpoint lets us define the optimal recovery algorithm. We further show that well-known recovery algorithms such as LASSO are interpreted as sub-optimal Bayesian estimators. The key benefit of the Bayesian viewpoint is that it enables us to illustrate approximate message passing (AMP) algorithms: We start with the implementation of a sparse recovery algorithm via the sum-product algorithm and then explain how an AMP algorithm is derived from the sum-product algorithm. The detailed list of contents is as follows: • Introduction to Compressive Sensing • Part I: Compressive Sensing from the Classical Viewpoint • Zero-norm minimization • Basis pursuit • Iterative Algorithms • The method of regularized least-squares

		• Regularization options for sparse recovery • Dantzig selector • Null space property • Coherence of a matrix • Restricted isometry property • Some notes on random matrices • Generic form of a performance guarantee • Some examples of performance guarantee • Part II: Compressive Sensing from a Bayesian Viewpoint • Posterior distribution • Likelihood in a noisy setting • Sparse prior • Recovery algorithm with minimum mean squared error • Computational complexity of the optimal recovery algorithm • Mismatched prior of LASSO algorithm • Mismatched prior of zero-norm regularization • Implementing a Bayesian algorithm via message passing • Approximating a message passing algorithm for large problems • A sample approximate message passing algorithm
6	Learning objectives and skills	• The students understand the concept of sparse recovery. • The students apply sparse recovery to model problems in several applications, such as communication and signal processing systems and machine learning. • The students apply classic approaches to recover sparse signal samples from underdetermined observations. • The students implement most important recovery algorithms in compressive sensing, namely basis pursuit, orthogonal matching pursuit, Lasso and Dantzig algorithm. • The students understand how to regularize the method of least-squares in order to perform sparse recovery with it. • The students understand under which condition sparse recovery is successful. • The students understand important properties of sensing matrices, namely null space property, coherence of a matrix and restricted isometry property. • They apply the mentioned properties of sensing matrices to determine the effectiveness of a given sensing matrix. • The students understand the analysis of the success probability of a sparse recovery algorithm and the necessary and sufficient conditions for different algorithms. • The students derive the components of a typical sparse recovery algorithm in a Bayesian inference framework. • In the shadow of the Bayesian interpretation, the students understand the behaviour of different sparse recovery algorithms. • The students understand the theoretically optimal minimum mean square bound for compressive sensing. • The students apply the sum-product algorithm to implement a typical sparse recovery algorithm.

		- Starting from the sum-product algorithm, the students determine an approximate message passing algorithm via large-system analysis. - The students understand the state-evolution of the approximate message passing algorithm.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
15	Module duration	1 Semester
16	Teaching and examination language	Englisch
17	Bibliography	For the first part of the course, we mainly follow the discussions from -Foucart, Simon, and Holger Rauhut. A Mathematical Introduction to Compressive Sensing. Birkhäuser, NewYork, NY, 2013. For the second part, we collect discussions mainly from the following references: - Bereyhi, Ali. Statistical Mechanics of Regularized Least Squares. PhD Dissertation, Friedrich-Alexander University of Erlangen (2020). - Rangan, Sundeep, Alyson K. Fletcher, and Vivek K. Goyal. "Asymptotic analysis of MAP estimation via the replica method and applications to compressed sensing. IEEE Transactions on Information Theory 58, no. 3 (2012): 1902-1923. - Kschischang, Frank R., Brendan J. Frey, and H-A. Loeliger. "Factor graphs and the sum-product algorithm. IEEE Transactions on Information Theory 47, no. 2 (2001): 498-519. - Maleki, Arian. Approximate message passing algorithms for compressed sensing. PhD Dissertation, Stanford University (2011).

1	Module name 93173	Computational Visual Perception	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Computational Visual Perception (4 SWS) Projektseminar: Tutorials to Computational Visual Perception (2 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger Dr. Patrick Krauß Prof. Dr. Tim Weyrich Prof. Dr. Andreas Kist	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	Contents	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 (2-3 students) perform small projects to build prototypes for computational models for visual processing, reproduce recent scientific results or experiment with existing models. In parallel with the project phase we will read and discuss recent research papers studying potential computational models and investigate how we can evaluate computational models. Please sign up via studon	
6	Learning objectives and skills	By the end of this course, students will be able to • Describe the basic processing steps of visual input in the human brain • Build a computational model for a known processing step • Read a recent paper in the discipline and design a follow-up experiment • Choose/design and conduct a small research project • Choose adequate methods to evaluate a computational model • Work in and manage projects	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten) Übungsleistung
11	Grading procedure	mündlich (100%) Übungsleistung (0%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 713618	Computer vision	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Computer Vision Exercise (2 SWS) Vorlesung: Computer Vision (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Darius Rückert Mathias Zinnen Shih-Yuan Huang Prof. Dr. Bernhard Egger Maximilian Weiherer Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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 • beschreiben die Studierenden perspektivische Projektion, Rotationen und verwandte geometrische Grundlagen, • erklären die Studierenden die behandelten Methoden, • diskutieren die Studierenden Vor- und Nachteile verschiedener Modalitäten zur Erfassung von 3D-Informationen, • implementieren die Studierenden einzeln und gemeinschaftlich in Kleingruppen Code, • entdecken die Studierenden optimale Vorgehensweisen in der Datenaufnahme, • erkunden und bewerten die Studierenden unterschiedliche Möglichkeiten für die Evaluation, • diskutieren und präsentieren die Gruppenarbeiter in Gruppen die Vor- und Nachteile ihrer Implementierungen, • diskutieren und reflektieren die Studierenden gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen des 3D-Rechnersehens. 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 • describe perspective projection, rotations, and related geometric foundations, • explain the presented methods, • discuss the advantages and disadvantages of different modalities for acquiring 3-D information, • implement individually and in small groups code, • discover best practices in data acquisition, • explore and rank different choices for evaluation, • discuss and present in groups the advantages and disadvantages of their implementations, • discuss and reflect the social impact of applications of computer vision algorithms.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Richard Szeliski: "Computer Vision: Algorithms and Applications", Springer 2011.

1	Module name 96850	Convex optimization in communications and signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Convex Optimization in Communications and Signal Processing (1 SWS) Vorlesung: Convex Optimization in Communications and Signal Processing (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Adela Vagollari Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker
5	Contents	Convex optimization problems are a special class of mathematical problems which arise in a variety of practical applications. In this course we focus on the theory of convex optimization, corresponding algorithms, and applications in communications and signal processing (e.g. statistical estimation, allocation of resources in communications networks, and filter design). Special attention is paid to recognizing and formulating convex optimization problems and their efficient solution. The course is based on the textbook "Convex Optimization" by Boyd and Vandenberghe and includes a tutorial in which many examples and exercises are discussed.
6	Learning objectives and skills	Students • characterize convex sets and functions, • recognize, describe and classify convex optimization problems, • determine the solution of convex optimization problems via the dual function and the KKT conditions, • apply numerical algorithms in order to solve convex optimization problems, • apply methods of convex optimization to different problems in communications and signal processing
7	Prerequisites	Signals and Systems, Communications
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Boyd, Steven ; Vandenberghe, Lieven: Convex Optimization. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2004

1	Module name 436348	CPU Design with VHDL (Focus on VHDL)	5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Die Vorlesung wird einen Einblick in die wichtigsten Strukturen eines Rechners und insbesondere die der CPU geben. Wie sind die Register, die ALU, die Caches usw. aufgebaut, wie sind sie miteinander verschaltet? Wie werden Pipelines gebildet? Um die Vorlesung verstehen und die Übungsaufgaben lösen zu können, werden VHDL-Kenntnisse benötigt. Diese werden in der Vorlesung vermittelt. Im ersten Teil der Vorlesung geht es darum, aus einfachen Und-, Oder- und Inverter-Gattern größere Strukturen aufzubauen. So werden beispielsweise die Register und die Komponenten der ALU (Addierer, Multiplizierer, Shifter usw.) nach und nach aufgebaut. Aus den Einzelteilen lassen sich dann wiederum die Registerbänke, die ALU, die Speichereinheit usw. zusammensetzen. Mit guten Rechenwerken allein ist eine CPU noch nicht wirklich schnell. Es müssen schnell genug Instruktionen gelesen und dekodiert sowie die Operanden geholt werden können. Nach dem schnellen Verarbeiten in den Rechenwerken müssen die Ergebnisse dann wiederum schnell in die Zielregister bzw. Ziel-Speicherzellen kopiert werden. Das wichtigste Verfahren, um hierbei Performance zu gewinnen, ist das Pipelining. Leider gibt es eine Reihe von Bedingungen, die erfüllt sein müssen, dass Pipelining wirklich gut funktioniert. So dürfen keine Daten-Abhängigkeiten im Code vorhanden sein, müssen Sprungziele rechtzeitig bekannt sein und dürfen bestimmte Ressourcen nicht mehrfach gleichzeitig genutzt werden. Mittels Forwarding, Sprungvorhersage und Caches können die Probleme gemildert werden. Mit den so gewonnenen Fähigkeiten sind dann auch Multi-Core- und Multi-Threading-Architekturen verständlich.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden verstehen den inneren Aufbau moderner CPUs (Pipeline, Registerbänke, ALU, Caches, Memory-Management-Unit, Segmentierungseinheit, ...) und können selbst performante CPUs aus einfachen Basis-Schaltungen aufbauen.
7	Prerequisites	keine
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 566245	Cryptocurrencies	5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 451696	Cyber-physical systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Cyber-Physical Systems (2 SWS) Vorlesung: Cyber-Physical Systems (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Torsten Klie	

4	Module coordinator	Joachim Falk Dr.-Ing. Torsten Klie
5	Contents	Klassische Computersysteme zeichnen sich durch eine strikte Trennung von realer und virtueller Welt aus. Moderne Steuerungssysteme, die z.B. in modernen Fahrzeugen verbaut sind und die aus einer Vielzahl von Sensoren und Aktoren bestehen, entsprechen diesem Bild nur sehr eingeschränkt. Diese Systeme, oft "Cyber-Physical Systems (CPS)" genannt, erkennen ihre physische Umgebung, verarbeiten diese Informationen und können die physische Umwelt auch koordiniert beeinflussen. Hierzu ist eine starke Kopplung von physischem Anwendungsmodell und dem Computer-Steuerungsmodell nötig. Im Unterschied zu Eingebetteten Systemen bestehen CPS meist aus vielen vernetzten Komponenten, die sich selbständig untereinander koordinieren. Diese Vorlesung spannt den Bogen von kontrolltheoretischen Grundlagen über Selbstorganisationsprinzipien bis hin zu visionären Anwendungen aus den Bereichen Verkehr und Medizintechnik. Ferner werden Entwurfsmethoden für Cyber-Physical Systems vorgestellt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erläutern, was Cyber-Physical Systems sind und auf welchen technologischen Grundlagen sie aufbauen, insbesondere in den Bereichen Regelungstechnik, Ablaufplanung, Kommunikation und Selbstorganisation bewerten CPS in verschiedenen Anwendungsgebieten stellen den Entwurfsprozess von CPS dar, insbesondere die Modellierung und die grundlegende Programmierung entdecken

		wesentliche Herausforderungen beim Entwurf, Ausbringung und Einsatz von CPS.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung: • Andrea Bondavalli, Sara Bouchenak und Hermann Kopetz (Hrsg.) Cyber-Physical Systems of Systems: Foundations – A Conceptual Model and Some Derivations: The AMADEOS Legacy. Springer 2016. • Otto Föllinger Regelungstechnik. Hüthig 1992. • Hilmar Jaschek und Holger Voos Grundkurs der Regelungstechnik. Oldenbourg 2010. • Jörg Kahlert Crash-Kurs Regelungstechnik. VDE Verlag 2010. • Peter Marwedel Embedded Systems Design – Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things, 4. Auflage. Springer 2021 • André Platzner Logic Foundations of Cyber-physical Systems. Springer 2018. • Wolfgang Schneider Praktische Regelungstechnik. Vieweg +Teubner 2008. • Walid M. Taha, Abd-Ehamid M. Taha und Johan Thunberg Cyber-physical Systems – A Model-based Approach. Springer 2021. Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/cyber-physical-systems/

1	Module name 636348	Cyber-physical systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Cyber-Physical Systems (2 SWS) Vorlesung: Cyber-Physical Systems (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Torsten Klie	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Torsten Klie
5	Contents	Klassische Computersysteme zeichnen sich durch eine strikte Trennung von realer und virtueller Welt aus. Moderne Steuerungssysteme, die z.B. in modernen Fahrzeugen verbaut sind und die aus einer Vielzahl von Sensoren und Aktoren bestehen, entsprechen diesem Bild nur sehr eingeschränkt. Diese Systeme, oft "Cyber-Physical Systems (CPS)" genannt, erkennen ihre physische Umgebung, verarbeiten diese Informationen und können die physische Umwelt auch koordiniert beeinflussen. Hierzu ist eine starke Kopplung von physischem Anwendungsmodell und dem Computer-Steuerungsmodell nötig. Im Unterschied zu Eingebetteten Systemen bestehen CPS meist aus vielen vernetzten Komponenten, die sich selbständig untereinander koordinieren. Diese Vorlesung spannt den Bogen von kontrolltheoretischen Grundlagen über Selbstorganisationsprinzipien bis hin zu visionären Anwendungen aus den Bereichen Verkehr und Medizintechnik. Ferner werden Entwurfsmethoden für Cyber-Physical Systems vorgestellt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erläutern, was Cyber-Physical Systems sind und auf welchen technologischen Grundlagen sie aufbauen, insbesondere in den Bereichen Regelungstechnik, Ablaufplanung, Kommunikation und Selbstorganisation bewerten CPS in verschiedenen Anwendungsgebieten stellen den Entwurfsprozess von CPS dar, insbesondere die Modellierung und die grundlegende Programmierung entdecken wesentliche Herausforderungen beim Entwurf, Ausbringung und Einsatz von CPS.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Andrea Bondavalli, Sara Bouchenak und Hermann Kopetz (Hrsg.) Cyber-Physical Systems of Systems: Foundations – A Conceptual Model and Some Derivations: The AMADEOS Legacy. Springer 2016. • Otto Föllinger Regelungstechnik. Hüthig 1992. • Hilmar Jaschek und Holger Voos Grundkurs der Regelungstechnik. Oldenbourg 2010. • Jörg Kahlert Crash-Kurs Regelungstechnik. VDE Verlag 2010. • Peter Marwedel Embedded Systems Design – Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things, 4. Auflage. Springer 2021 • André Platzner Logic Foundations of Cyber-physical Systems. Springer 2018. • Wolfgang Schneider Praktische Regelungstechnik. Vieweg +Teubner 2008. • Walid M. Taha, Abd-Ehamid M. Taha und Johan Thunberg Cyber-physical Systems – A Model-based Approach. Springer 2021.

1	Module name 93123	Data Structure Engineering	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Structure Engineering (2 SWS) Übung: Übungen zu Data Structure Engineering (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Cécile Astor Prof. Dr. Viktor Leis	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Viktor Leis
5	Contents	Data structures are often crucial for overall performance. On modern hardware a low asymptotic complexity does not guarantee good performance. To achieve good performance in practice, one must also take features of today's processors, such as caches and the abundant parallelism, into account when designing and implementing data structures. This course teaches principles for engineering of high-performance data structures on modern hardware. It first introduces the necessary hardware background, before studying different variants of data structures such as hash tables, search trees, and tries. Finally, a number of synchronization protocols for concurrent access are presented.
6	Learning objectives and skills	Students can implement efficient data structures. They are capable of designing custom, domain-specific data structure variants and of synchronizing them for multi-core processors in a scalable fashion.
7	Prerequisites	• Vorlesung Algorithmen und Datenstrukturen • Vorlesung Systemprogrammierung • gute Programmierkenntnisse in C oder C++
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 901895	Deep learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Deep Learning (2 SWS) Übung: Deep Learning Exercises (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Leonhard Rist Zijin Yang	

4	Module coordinator	Felix Denzinger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Fabian Wagner
5	Contents	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. This lecture introduces the core elements of neural networks and deep learning, it comprises: • (multilayer) perceptron, backpropagation, fully connected neural networks • loss functions and optimization strategies • convolutional neural networks (CNNs) • activation functions • regularization strategies • common practices for training and evaluating neural networks • visualization of networks and results • common architectures, such as LeNet, Alexnet, VGG, GoogleNet • recurrent neural networks (RNN, TBPTT, LSTM, GRU) • deep reinforcement learning • unsupervised learning (autoencoder, RBM, DBM, VAE) • generative adversarial networks (GANs) • weakly supervised learning • applications of deep learning (segmentation, object detection, speech recognition, ...) The accompanying exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks.
6	Learning objectives and skills	The students • explain the different neural network components, • compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks, • compare and analyze different CNN architectures, • explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning, • explain deep reinforcement learning, • explain different deep learning applications, • implement the presented methods in Python,

		• autonomously design deep learning techniques and prototypically implement them, • effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer, • autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature, • discuss the social impact of applications of deep learning applications.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016. • Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 • Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton: Deep learning. Nature 521, 436444 (28 May 2015)

1	Module name 47800	Digital communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Digital Communications (3 SWS) Übung: Tutorial for Digital Communications (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Brikena Kaziu	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	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. --- Modern communication systems are based on digital transmission methods. This course covers basics of analysis and design of digital transmitters and receivers. Initially, we consider a simple channel model whose received signal is impaired only by additive white Gaussian noise. Then, we extend fundamental concepts to channels with unknown phases and distortion. Additionally, we treat digital modulation techniques, e.g., pulse amplitude modulation (PAM), digital frequency modulation (FSK) and continuous-phase modulation (CPM), and orthogonal constellations. The Nyquist criterion in time and frequency domain, optimal coherent and incoherent detection and decoding methods, signal space representations of digitally modulated signals, various equalization methods, and multicarrier transmission methods are also discussed.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden - analysieren und klassifizieren digitale Modulationsverfahren hinsichtlich ihrer Leistungs- und Bandbreiteneffizienz sowie ihres Spitzenwertfaktors, - ermitteln notwendige Kriterien für impulsinterferenzfreie Übertragung,

		• charakterisieren digitale Modulationsverfahren im Signalraum, • ermitteln informationsverlustfreie Demodulationsverfahren, • entwerfen optimale kohärente und inkohärente Detektions- und Decodierungsverfahren, • vergleichen verschiedene Entzerrungsverfahren hinsichtlich deren Leistungsfähigkeit und Komplexität, • entwerfen einfache digitale Übertragungssysteme mit vorgeschriebenen Leistungs- und Bandbreiteneffizienzen sowie Spitzenwertfaktoren. • -- The students • analyze and classify digital modulation techniques in terms of performance and bandwidth efficiency as well as crest factor, • determine necessary criteria to design impulses for interference-free transmission, • characterize digital modulation methods in signal space, • determine information loss-free demodulation methods, • design optimal coherent and incoherent detection and decoding methods, • compare different equalization methods in terms of performance and complexity, • design simple digital transmission systems with prescribed power and bandwidth efficiency and crest factor.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 773774	Embedded systems	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Eingebettete Systeme (2 SWS) Vorlesung: Eingebettete Systeme (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Eingebettete Systeme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Patrick Plagwitz Dominik Walter Khalil Esper PD Dr.Ing. Frank Hannig Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	
5	Contents	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). Content: <i>The focus of this module is the design and implementation of embedded systems using formal methods and computer-aided design techniques.</i> <i>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>	
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen Die Studierenden setzen sich mit einem aktuellen Forschungsgebiet auseinander. The students deal with a current field of research.	

		• 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. Fachkompetenz - Verstehen • Die Studierenden verstehen grundlegende Konzepte des Entwurfs eingebetteter Systeme. The students become familiar with the fundamental concepts of designing of embedded systems. Fachkompetenz - Anwenden • 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. • Die Studierenden erfassen den Hardware/Software-Entwurf von Systemen mit harten Beschränkungen. The students understand the hardware/software design of hard-constrained systems. • 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. Sozialkompetenz • 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.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl der Module „Eingebettete Systeme“ und „Eingebettete Systeme (Vorlesung mit Übungen)“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)

12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	Empfohlenes Buch zur Begleitung und Vertiefung: • Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/eingebettete-systeme/

1	Module name 92357	Entwurf von mobilen Sensorsystemen und Knoten	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Entwurf von mobilen Sensorsystemen und -knoten (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Fabian Michler Benedict Scheiner	

4	Module coordinator	Fabian Michler Benedict Scheiner
5	Contents	• Sensortypen (low-power, resiliente Sensorsysteme) • Entwurfswerkzeuge (Simulationsprogramme (SPICE, Altium,...)) • Layout - EMV-Thematiken - Bauteilauswahl, Substratauswahl, parasitäre Effekte • HF-Schnittstelle zur Datenübertragung • Analoge Signalkonditionierung • AD-Umsetzung und Signalverarbeitung • Programmierbare Digitalssysteme (uC/FPGA) • Power-Management • Testumgebung (SCPI, Channel-Sounding)
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen Die Notwendigkeit verschiedener Sensorsysteme und wissen wie verschiedene Entwurfswerkzeuge anzuwenden sind. Verstehen Den Zusammenhang der einzelnen Systemkomponenten zueinander Anwenden Die Studierenden können mobile Sensorsysteme implementieren, erklären und einordnen. Erschaffen Studierende sind in der Lage anwendungsspezifische Sensorknoten zu planen und zu kreieren.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 730178	Vehicular networks	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Fahrzeugkommunikation (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher
5	Contents	Die Bedeutung von Elektronik und Software ist in der Fahrzeugtechnik stark gestiegen, gleichzeitig stellen die komplexen Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie hohe Anforderungen an Berufseinsteiger. Absolventen benötigen daher zunehmend spezialisierte Kenntnisse aus den Themenbereichen Elektronik, Software und Vernetzung von Fahrzeugen. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde am Department Informatik ein spezieller Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" im Studiengang Informatik eingerichtet. Die Vorlesung Fahrzeugkommunikation" [FzK] ist in zwei Blöcke gegliedert: Zunächst führt die Vorlesung in die fahrzeuginterne Vernetzung ein, behandelt Vernetzungsarchitekturen, Bussysteme und Steuergeräte, Fahrerassistenzfunktionen, Multimedia und Systemarchitekturen. Den Abschluss bilden Betrachtungen zu Security und Safety in der fahrzeuginternen Vernetzung. Als zweiten Block gibt die Vorlesung einen Überblick über Themen der externen Kommunikation von und mit Fahrzeugen, behandelt Systemarchitekturen zur Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und mit Infrastruktur, Medienzugriffsverfahren verbreiteter Lösungen, Protokolle von Verkehrsinformationssystemen. Sie schließt wiederum mit Betrachtungen zu Safety und Security - erweitert um die in diesem Themengebiet besonders relevanten Fragestellungen rund um die Wahrung der Privatsphäre von Nutzern. Die Vorlesung wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnernetzwerken voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Auszug Interne Vernetzung: • Interne Steuerung: ECU-ECU, Safety • Bussysteme (CAN, LIN, FlexRay, MOST, ...) • HW-, SW- Architekturen von Steuergeräten • Security & Safety Auszug Externe Vernetzung • Car-2-X-Kommunikation • Topologien, Architekturen • Medienzugriff: Wifi, WAVE/DSRC • Safety Anwendungen • Security & Privacy

6	Learning objectives and skills	Das Modul wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnerkommunikation voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden lernen die grundlegenden Mechanismen der internen und externen Fahrzeugkommunikation kennen. Sie können aktuelle und zukünftige Anwendungen für Vernetzung im Fahrzeugbereich nennen. Verstehen Die Studierenden verstehen die grundlegenden Prinzipien der internen Bussysteme und können die Vorteile und Nachteile der wesentlichen Technologien in diesem Bereich erklären (CAN, FlexRay, MOST, ...). Ebenso können Sie die Probleme von mobilen Ad-Hoc-Netzen erklären und Lösungsansätze vergleichen (z.B. ETSI ITS-G5 und WAVE). Sie können wesentliche Anwendungen nach ihren Anforderungen bezüglich der Vernetzung klassifizieren. Analysieren Die Studierenden werden in die Lage versetzt, zukünftige Anwendungen bezüglich ihres Kommunikationsverhaltens zu analysieren. Evaluierten (Beurteilen) Dabei können Sie die zugrundeliegenden Mechanismen beurteilen und einschätzen, welche Vernetzungstechnologien diese Anforderungen am besten erfüllen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Masterprüfung Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 716033	Fahrzeugkommunikation (Vorlesung mit Übung)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Fahrzeugkommunikation (2 SWS) Übung: Fahrzeugkommunikation Übungen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher
5	Contents	Die Bedeutung von Elektronik und Software ist in der Fahrzeugtechnik stark gestiegen, gleichzeitig stellen die komplexen Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie hohe Anforderungen an Berufseinsteiger. Absolventen benötigen daher zunehmend spezialisierte Kenntnisse aus den Themenbereichen Elektronik, Software und Vernetzung von Fahrzeugen. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde am Department Informatik ein spezieller Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" im Studiengang Informatik eingerichtet. Die Vorlesung Fahrzeugkommunikation" [FzK] ist in zwei Blöcke gegliedert: Zunächst führt die Vorlesung in die fahrzeuginterne Vernetzung ein, behandelt Vernetzungsarchitekturen, Bussysteme und Steuergeräte, Fahrerassistenzfunktionen, Multimedia und Systemarchitekturen. Den Abschluss bilden Betrachtungen zu Security und Safety in der fahrzeuginternen Vernetzung. Als zweiten Block gibt die Vorlesung einen Überblick über Themen der externen Kommunikation von und mit Fahrzeugen, behandelt Systemarchitekturen zur Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und mit Infrastruktur, Medienzugriffsverfahren verbreiteter Lösungen, Protokolle von Verkehrsinformationssystemen. Sie schließt wiederum mit Betrachtungen zu Safety und Security - erweitert um die in diesem Themengebiet besonders relevanten Fragestellungen rund um die Wahrung der Privatsphäre von Nutzern. Die Vorlesung wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnernetzwerken voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Auszug Interne Vernetzung: • Interne Steuerung: ECU-ECU, Safety • Bussysteme (CAN, LIN, FlexRay, MOST, ...) • HW-, SW- Architekturen von Steuergeräten • Security & Safety Auszug Externe Vernetzung • Car-2-X-Kommunikation • Topologien, Architekturen • Medienzugriff: Wifi, WAVE/DSRC • Safety Anwendungen

		• Security & Privacy
6	Learning objectives and skills	Das Modul wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnerkommunikation voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden lernen die grundlegenden Mechanismen der internen und externen Fahrzeugkommunikation kennen. Sie können aktuelle und zukünftige Anwendungen für Vernetzung im Fahrzeugbereich nennen. Verstehen Die Studierenden verstehen die grundlegenden Prinzipien der internen Bussysteme und können die Vorteile und Nachteile der wesentlichen Technologien in diesem Bereich erklären (CAN, FlexRay, MOST, ...). Ebenso können Sie die Probleme von mobilen Ad-Hoc-Netzen erklären und Lösungsansätze vergleichen (z.B. ETSI ITS-G5 und WAVE). Sie können wesentliche Anwendungen nach ihren Anforderungen bezüglich der Vernetzung klassifizieren. Anwenden In den Übungen werden die Erkenntnisse in praktischen Aufgaben angewendet. Analysieren Die Studierenden werden in die Lage versetzt, zukünftige Anwendungen bezüglich ihres Kommunikationsverhaltens zu analysieren. Evaluieren (Beurteilen) Dabei können Sie die zugrundeliegenden Mechanismen beurteilen und einschätzen, welche Vernetzungstechnologien diese Anforderungen am besten erfüllen. Unterstützt wird dies durch Simulationen der Netze an konkreten Beispielen, die die notwendigen Metriken zur Analyse liefern können. Erschaffen Die Studierenden entwickeln eigene Simulationen von Car2X-Netzen auf Basis realer Karten. Ebenso können die Studierenden Simulationsmodelle für interne Netze erstellen.
7	Prerequisites	Rechnerkommunikation
8	Integration in curriculum	Semester: 1

9	Module compatibility	Masterprüfung Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 393750	Advanced forensic computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Fortgeschrittene forensische Informatik - Übung (2 SWS) Vorlesung: Fortgeschrittene forensische Informatik (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Felix Freiling	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Felix Freiling
5	Contents	Die Vorlesung "Fortgeschrittene Forensische Informatik" ist eine forschungsorientierte Weiterführung der Vorlesung "Forensische Informatik". Behandelt werden forschungsnahе Themen aus dem Bereich der forensischen Informatik, beispielsweise Browser- und Anwendungsforensik, Netzwerkforensik, Hauptspeicheranalyse, Analyse von Mobiltelefonen, theoretische Modelle. Der Stoff der Vorlesung wird beispielhaft durch praktische Aufgaben in der gleichlautenden Übung vertieft.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erhalten Einblicke in aktuelle Forschung im Bereich der forensischen Informatik. Sie können die wesentlichen Fragestellungen, Probleme und Lösungsmöglichkeiten wiedergeben und in den Kontext digitaler Ermittlungen einordnen. Sie können Forschungsergebnisse qualitativ bewerten und vergleichen. Sie lernen, die Forschungsergebnisse auf konkrete Problemstellungen im Bereich der IT-Forensik anzuwenden und die entstehenden Ergebnisse vor Fachexperten zu vertreten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Wird in der Vorlesung bekannt gegeben. Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

1	Module name 92542	Fundamentals of electrical energy supply	4 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Matthias Luther
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können grundlegende und praxisnahe Herausforderungen der elektrischen Energieversorgung einschätzen und die Zusammenhänge über die technischen Grundlagen und Begrifflichkeiten erläutern. 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: • Übergang vom Wechselstrom- zum Drehstromsystem mit Berechnung der verschiedenen Leistungsarten in ein- und dreiphasigen Systemen • Betriebsmöglichkeiten hybrider Systeme • Vier- und Achtpoltheorie sowie unterschiedlicher Modaltransformationen, um symmetrische und unsymmetrische Betriebszustände in Drehstromsystemen zu analysieren • Berechnungsverfahren zur Kenngrößenbestimmung von Leitungen 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 sie in der Lage, ihr Wissen in weiterführenden energietechnischen Vorlesungen auszubauen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Skript zur Vorlesung • Herold, Gerhard: Elektrische Energieversorgung I. Drehstromsysteme - Leistungen - Wirtschaftlichkeit. 3. Aufl. Wilburgstetten: J. Schlembach Fachverlag, 2011 - 400 Seiten. ISBN 3-935340-69-9

1	Module name 292952	Hardware-software-co-design (Lecture with extended exercises)	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Vorlesung: Hardware-Software-Co-Design (2 SWS) Übung: Erweiterte Übungen zu Hardware-Software-Co-Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Muhammad Sabih Tobias Hahn Dr.-Ing. Stefan Wildermann Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	Module coordinator	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	Contents	Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelefone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren. Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation. 1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen. 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung) 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese) 5) Verifikation und Cosimulation 6) Tafelübungen 7) Demonstrationen mit rechnergestützten Entwurfswerkzeugen und praktische Übungen Content: Numerous realisations of embedded systems (e.g. mobile phones, fax machines, industrial controls) are characterised by cooperating hardware and software components. The popularity of such realisations can be explained by 1) the increasing diversity and

		complexity of heterogeneous systems, 2) the need to reduce design and testing costs, and 3) advances in key technologies (microelectronics, formal design methods). For example, semiconductor manufacturers offer low-cost ASICs that integrate a microcontroller and user-specific peripherals and data paths on a single chip. However, the synthesis of such systems raises a number of novel design problems, in particular 1) the issue of hardware and software component selection, 2) the partitioning of a specification into hardware and software, 3) the automatic synthesis of interface and communication structures, and 4) verification and cosimulation. 1) Overview and comparison of architectures and components in hardware/software systems. 2) Structure of a compiler and code optimisation procedures for hardware and software. 3) Hardware/software partitioning (partitioning of complex systems, estimation procedures, performance analysis, code generation) 4) Interface synthesis (communication types, synchronisation, synthesis) 5) Verification and cosimulation 6) Blackboard exercises 7) Demonstrations with computer-aided design tools and practical exercises
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Wissen • Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet. Fachkompetenz - Verstehen • Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs. • Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme. Fachkompetenz - Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen. • Die Studierenden wenden das erlernte Wissen in den erweiterten Übungen vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls an. Sozialkompetenz • Die Studierenden benutzen aktuelle Entwurfswerkzeuge für die Spezifikation, Optimierung und Prototypisierung von Hardware/Software-Systemen bei der kooperativen Bearbeitung der erweiterten Übung in Gruppen.

		Competences: Professional competence - Knowledge - Students gain insight into a current field of research. Professional competence - Understanding - Students understand the basics of modern system design. - Students explain implementation alternatives for digital hardware/software systems. Professional competence - Application - Students apply basic algorithms to analyse and optimise hardware/software systems. - The students apply the knowledge they have acquired in the extended exercises on site at the computer workstations of the department. Social competence - The students use current design tools for the specification, optimisation and prototyping of hardware/software systems in the cooperative processing of the extended exercise in groups.
7	Prerequisites	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design“ aus.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio Klausur (90 min) und erfolgreicher Bearbeitung aller Übungsaufgaben in den erweiterten Übungen (verpflichtend, vor Ort an den Rechnerarbeitsplätzen des Lehrstuhls). Die Sprache der Klausur ist abhängig von der Wahl der Studierenden entweder Deutsch oder Englisch.
11	Grading procedure	Portfolio (100%) Die Modulnote ergibt sich aus der Klausurnote.
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung:

	• Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 • Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design

1	Module name 399607	High end simulation in practice (lecture with exercise)	7,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 92720	Microwave technology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Hochfrequenztechnik (2 SWS) Übung: Hochfrequenztechnik Übung (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek Lukas Engel	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über die typischen passiven HF-Bauelemente sowie den Umgang mit Streuparametern und die Analyse von HF-Schaltungen. • lernen Antennenkonzepte und elementare Berechnungsmethoden für Antennen, Funkfelder, Rauschen und HF-Systeme kennen. • 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.
7	Prerequisites	Empfohlene Voraussetzungen: • Passive Bauelemente • Elektromagnetische Felder I
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

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

1	Module name 645618	Human computer interaction	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lecturers	Madeleine Flaucher Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher Wolfgang Mehringer Anastasiya Zakreuskaya
5	Contents	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. Die folgenden Themen werden im Modul behandelt: • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung 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: • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction • Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Learning objectives and skills	• Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. Learning Objectives and Competences: • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44156	Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology (3 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers		

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio
5	Contents	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. 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. 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. Module: Applications to Neurophysiology Neuronal encoding of behaviour; motor unit physiology in humans; motoneuron properties, longitudinal assessment of neuronal function. Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.
6	Learning objectives and skills	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.

7	Prerequisites	No compulsory prerequisites. Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich Oral examination
11	Grading procedure	mündlich (100%) Oral examination 100%
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD • Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 • Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina • Neural Engineering, Edited by Bin He • Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426 • Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller https://www.nature.com/articles/nrn3724

1	Module name 65718	Introduction to machine learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Introduction to Machine Learning (2 SWS) Übung: Introduction to Machine Learning Exercises (2 SWS) Übung: Introduction to Machine Learning Tutorial (2 SWS)	5 ECTS 1,25 ECTS -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vincent Christlein Felix Denzinger Fabian Wagner Nora Gourmelon Mareike Thies Mathias Seuret Paul Stöwer	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	Die Vorlesung hat zum Ziel, die Studierenden mit dem prinzipiellen Aufbau eines Mustererkennungssystems vertraut zu machen. Es werden die einzelnen Schritte von der Aufnahme der Daten bis hin zur Klassifikation von Mustern erläutert. Die Vorlesung beginnt dabei mit einer kurzen Einführung, bei der auch die verwendete Nomenklatur eingeführt wird. Die Analog-Digital-Wandlung wird vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf deren Auswirkungen auf die weitere Signalanalyse liegt. Im Anschluss werden gebräuchliche Methoden der Vorverarbeitung beschrieben. Ein wesentlicher Bestandteil eines Mustererkennungssystems ist die Merkmalsextraktion. Verschiedene Ansätze zur Merkmalsberechnung/-transformation werden gezeigt, darunter Momente, Hauptkomponentenanalyse und Lineare Diskriminanzanalyse. Darüber hinaus werden Möglichkeiten vorgestellt, Merkmalsrepräsentationen direkt aus den Daten zu lernen. Die Vorlesung schließt mit einer Einführung in die maschinelle Klassifikation. In diesem Kontext wird der Bayes- und der Gauss-Klassifikator besprochen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären die Stufen eines allgemeinen Mustererkennungssystems • verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung • verstehen und implementieren Histogrammequalisierung und -dehnung • vergleichen verschiedene Schwellwertmethoden • verstehen lineare, verschiebungsinvariante Filter und Faltung • wenden verschiedene Tief- und Hochpassfilter sowie nichtlineare Filter an • wenden verschiedene Normierungsmethoden an • verstehen den Fluch der Dimensionalität • erklären verschiedene heuristische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Projektion auf einen

		orthogonalen Basisraum, geometrische Momente, Merkmale basierend auf Filterung • verstehen analytische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Hauptkomponentenanalyse, Lineare Diskriminanzanalyse • verstehen die Basis von Repräsentationslernen • erläutern die Grundlagen der statistischen Klassifikation (Bayes-Klassifikator) • benutzen die Programmiersprache Python, um die vorgestellten Verfahren der Mustererkennung anzuwenden • lernen praktische Anwendungen kennen und wenden die vorgestellten Algorithmen auf konkrete Probleme an
7	Prerequisites	Ein Mustererkennungssystem besteht aus den folgenden Stufen: Aufnahme von Sensordaten, Vorverarbeitung, Merkmalsextraktion und maschinelle Klassifikation. Diese Vorlesung beschäftigt sich in erster Linie mit den ersten drei Stufen und schafft damit die Grundlage für weiterführende Lehrveranstaltungen (Pattern Recognition und Pattern Analysis).
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (60 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Vorlesungsfolien • Heinrich Niemann: Klassifikation von Mustern, 2. überarbeitete Auflage, 2003 • Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas: Pattern Recognition, 4. Auflage, Academic Press, Burlington, 2009 • Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2. Auflage, John Wiley & Sons, New York, 2001

1	Module name 392229	Knowledge discovery in databases	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Knowledge Discovery in Databases (2 SWS)	-
3	Lecturers	Dominik Probst Melanie Sigl	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	Contents	• Why data mining? • What is data mining? • A multi-dimensional view of data mining • What kinds of data can be mined? • What kinds of patterns can be mined? • What technologies are used? • What kinds of applications are targeted? • Major issues in data mining • A brief history of data mining
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • kennen den typischen KDD-Prozess; • kennen Verfahren zur Vorbereitung von Daten für das Data Mining; • definieren Distanz- oder Ähnlichkeits-Funktionen auf einem speziellen Datenbestand; • überprüfen Attribute eines Datensatzes auf ihre Bedeutung für die Analyse hin und transformieren ggf. Attributwerte geeignet; • wissen, wie ein typisches Data Warehouse aufgebaut ist; • kennen die Definition von Distanz- bzw. Ähnlichkeitsfunktionen für die verschiedenen Typen von Attributen; • sind vertraut mit dem Prinzip des Apriori-Algorithmus zur Bestimmung von Mengen häufiger Elemente (frequent itemsets); • kennen den FP-Growth-Algorithmus zum schnellen Auffinden von Mengen häufiger Elemente; • geben die Definitionen von Support und Confidence für Assoziationsregeln wieder; • beschreiben die Ermittlung von Assoziationsregeln auf der Basis von Mengen häufiger Elemente; • sind in der Lage, die Vorgehensweise bei Klassifikationsaufgaben darzustellen; • legen dar, wie ein Entscheidungsbaum auf einem Trainingsdatensatz erzeugt wird; • stellen das Prinzip der Bayes'schen Klassifikation dar; • zählen verschiedene Clustering-Verfahren auf; • beschreiben den Ablauf von k-Means-Clustering; • kennen die verschiedenen Arten von Ausreißern. The students: • know the typical KDD process; • know procedures for the preparation of data for data mining;

		• know the definition of distance or similarity functions for the different kinds of attributes; • define distance and similarity functions for a particular dataset; • check attributes of a dataset for their meaning with reference to an analysis and transform attribute values accordingly, if required. • know how a typical data warehouse is structured; • are familiar with the principle of the Apriori algorithm for the identification of frequent itemsets; • know the FP-growth algorithm for a faster identification of frequent itemsets; • present the definitions of support and confidence for association rules; • describe the construction of association rules based on frequent itemsets; • are capable of describing the course of action in classification tasks; • present the construction of a decision tree based on a training dataset; • present the principle of Bayes' classification; • enumerate different clustering procedures; • describe the steps of k-means clustering; • know the different kinds of outliers.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	The lecture is based on the following book: • ◦ A. Géron, Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow : concepts, tools, and techniques to build intelligent systems, 2nd ed. O'Reilly Media, 2017, ISBN: 978-1491962299 ◦ H. Du, Data Mining Techniques and Applications: An Introduction. Cengage Learning EMEA, May 2010, p. 336, ISBN: 978-1844808915 ◦ I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, et al., Data Mining, Fourth Edition: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 4th. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2016, ISBN: 0128042915

1	Module name 779501	Communication in engineering sciences	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikation in Technik-Wissenschaften (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Klaus Helmreich
		Motivation Das Modul wendet sich an Studierende aller Semester in allen Studiengängen technischer- bzw. MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) und soll helfen, Kommunikationsabläufe - insbesondere im fachlichen Umfeld - zu verstehen sowie dabei häufig vorkommende Fehler zu vermeiden. Im Studium ist dies wichtig bei • schriftlichen Ausarbeitungen wie Seminar- und Abschlußarbeiten, • mündlichen Darstellungen wie Vorträgen und Diskussionen sowie bei • Prüfungen - hier vor allem! Im Beruf - aber auch im Privatleben - ist eine gute Kommunikation mit Menschen aus der MINT- und vor allem der Nicht-MINT-Welt ebenfalls von entscheidender Bedeutung für erfolgreiches Handeln. Gliederung Das Modul vermittelt Kenntnisse und Fähigkeiten zu Kommunikationsabläufen im fachlichen Umfeld, im beruflichen Austausch mit Vertretern anderer Fachrichtungen und im allgemeinen zwischenmenschlichen Umgang. Dementsprechend überstreichen die folgenden Inhalte ein sehr weitgespanntes Spektrum von Themen. 0 Einführung Begriffe und Definitionen: Kommunikation zwischen Menschen in Abgrenzung zu anderen Bedeutungen, Technik und Technologie, Wissenschaftsbegriffe, Kriterien zur Abgrenzung, Pseudo-Wissenschaft 1 Physiologische Rahmenbedingungen: Sensorik des Menschen Sinne und Sinnesorgane, Eigenschaften 2 Kanäle für Kommunikation zwischen Menschen Bio-Physikalische Grundlagen, akustischer und optischer Kommunikationskanal, Entstehungsgeschichte der Zeichen. die
5	Contents	

Bedeutung von Sprache, Unterschied zwischen Kommunikation in Technik-Wissenschaften und allgemeiner Kommunikation

3 Sprachen in MINT-Fächern

Begriffe, Fach- und Symbolsprachen, mathematischen Beziehungen, naturwissenschaftliche Darstellungen als Modelle der Wirklichkeit, technischen Zeichnungen, Schaltpläne

4 Formen der Kommunikation in MINT-Fächern

Vorlesung, Übung, Praktikum, Seminar, Bachelor-/Master-Arbeit, Promotionsverfahren, Habilitationsverfahren, Kolloquium, Kongress

5 Prüfungen gut vorbereiten und erfolgreich bestehen

Ablauf und Vorbereitung mündlicher Prüfungen, Ablauf und Vorbereitung schriftlicher Prüfungen, allgemeine Vorbereitung auf einen Prüfungsabschnitt, Erwerb von Wissen und Können

6 Normung und Normen in der Technik

Begriffe, Zuständigkeiten, Grundbegriffe bei Gleichungen: physikalische Größen große Zahlen, kleine Zahlen, Einheiten und Skalenpräfixe, relevante Normen finden, Beispiele

7 Kommunikation mit der Vergangenheit: Schrifttum und Recherche

Formen wissenschaftlichen Schrifttums, richtiges Zitieren, Wege der Literaturrecherche, Sonderfall Patent-Recherche

8 Kommunikation mit der Zukunft: Protokolle und Patente

Sammeln und Sichern von Arbeits-/Forschungsergebnissen, Umgang mit theoretischen und experimentellen Arbeitsergebnissen, Logistik, Fehler und Korrekturen, rechtliche Absicherung durch Patentieren

9 Publikationen erstellen: Texte

Arten wissenschaftlicher Publikationen, Organisation von Herstellung und Inhalt, formale Regeln, angemessene Schreibstile, Beispiele

10 Publikationen erstellen: Graphik

richtige Gestaltung, Herstellung von Photographien technischer Objekte, technische Zeichnungen, Herstellungsanweisungen, Schaltpläne der Elektrotechnik, Graphen von funktionalen Zusammenhängen, Beispiele

11 Vorträge von der Zuhörerschaft her planen

Vortragscharaktere, Sprache, Niveau, Logistik, Technik, Zeitplanung

12 Vorträge inhaltlich aufbereiten

inhaltliche Planung, Bildmaterial erstellen und aufbereiten, Sprechtext gliedern und formulieren, Sprechen und Projizieren

13 Vorträge gut präsentieren

akustische Qualität des Sprechens, der Sprecher als Person, Technik der Bildpräsentation, Verkopplung von Sprechen und Projizieren, Beherrschung der Diskussion, Bewertung nach den sogenannten ABOS"-Kriterien

14 Publikationen und Vorträge prüfen

Kommunikations-Fehler beim Planen/Reagieren, Sprechen/Hören, Zeichnen, Schreiben/Lesen, bei Gesprächen, Vorträgen und Diskussionen erkennen und vermeiden

15 Kommunikation mit der Nicht-MINT-Welt

Inter-MINT-Kommunikation, Herausforderungen und Stil bei der Kommunikation mit der Nicht-MINT-Welt, aufklärende Kommunikation zu kontroversen Themen, Wort contra Graphik, Manipulative Information und Desinformation, Kritischer Verstand" bei der Beurteilung von Nachrichten, wie sieht die Nicht-MINT-Welt uns?

17 Grundkonzepte der Kommunikationspsychologie

Merkmale von Kommunikation zwischen Menschen, Kommunikation und Verhalten, Struktur in Kommunikationsabläufen: Interpunktion, nicht-sprachliche Ausdrucksmittel, Beziehungsformen, Störungen in der Kommunikation, Aspekte von Mitteilungen, explizite und implizite Botschaften, Kongruenz und Inkongruenz, Konstruktion beim Empfänger, Metakommunikation

18 Kommunikationsstile und Persönlichkeitstypen

Intention von Kategorisierungen, Ansätze und Sichtweisen, Kommunikation und Persönlichkeit, Kommunikationsstile, belastende Kommunikationsmuster, Werkzeuge zur Analyse und Weiterentwicklung, Persönlichkeitstypen, Sicht auf sich selbst und die anderen, Nutzen und Risiken, Verhaltenshinweise

19 Interkulturelle Kommunikation

		Kulturbegriff, Anwendung des Kommunikationspsychologischen Werkzeugkoffers" aus Kap. 17 auf interkultureller Kommunikation, theoretisches Rüstzeug und praktische Hinweise
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Wissen • Die Studierenden können Formen fachlicher Kommunikation nennen. • Sie kennen Ablauf und Besonderheiten mündlicher und schriftlicher Prüfungen im Studium. Verstehen • Die Studierenden können die Begriffe Kommunikation", Technik" und verschiedene Wissenschaftsbegriffe erläutern. • Sie können Formen wissenschaftlichen Schrifttums erläutern. Anwenden • Die Studierenden können Gleichungen und physikalische Größen normgerecht darstellen. • Sie können Gestaltungsregeln und Ausdrucksmittel für wissenschaftliche Publikationen in Seminar- und Abschlussarbeiten korrekt anwenden. Analysieren • Die Studierenden können Besonderheiten der Fachkommunikation gegenüber allgemeiner zwischenmenschlicher Kommunikation herausstellen. • Sie können Äußerungen hinsichtlich der Aspekte Inhalt, Beziehung, Appell und Selbstkundgabe analysieren. Evaluiieren (Beurteilen) • Die Studierenden können Wissenschaft von Pseudo-Wissenschaft abgrenzen. • Sie können Vor- und Nachteile verschiedener Kanäle zwischenmenschlicher Kommunikation bewerten. • Sie können theoretische und experimentelle Arbeits- und Forschungsergebnisse kritisch bewerten. Erschaffen (keine) Lern- bzw. Methodenkompetenz

Lernziele hinsichtlich Lern- und Arbeitsmethoden:

Die Studierenden können:

- spezifische Lern- und Vorbereitungsstrategien für mündliche und schriftliche Prüfung anwenden
- Bedeutung von Normung und Normen in der Technik wiedergeben
- wissenschaftliche Quellen richtig zitieren
- wissenschaftliches Schrifttum gezielt recherchieren
- Arbeits- und Forschungsergebnisse protokollieren und sichern
- Vorträge und Präsentationen anläßgerecht planen, erstellen und präsentieren

Selbstkompetenz

Lernziele hinsichtlich persönlicher Weiterentwicklung:

Die Studierenden können:

- naturwissenschaftliche Aussagen und Beziehungen als Modelle verstehen
- manipulative Information und Kommunikation als solche erkennen, benennen und richtigstellen
- Nachrichten und Aussagen mit kritischem Verstand beurteilen
- Wahrnehmung der eigenen Fachwissenschaft und der eigenen Person als Vertreter derselben durch die "Nicht-MINT-Welt" richtig einschätzen

Sozialkompetenz

Lernziele hinsichtlich des Umgangs mit Menschen:

Die Studierenden können:

- Vorträge und Präsentationen im Hinblick auf die Zuhörerschaft planen
- Präsentationstechniken hinsichtlich Aufmerksamkeitsführung, Blickkontakt zum Publikum, Qualität des optischen Materials und der akustischen Qualität bewerten
- Kommunikations-Fehler bei Fachkommunikation, bei Gesprächen, Vorträgen und Diskussionen erkennen und vermeiden
- zu Aussagen und Ergebnisse der eigenen Fachwissenschaft mit Nicht-Fachleuten geeignet kommunizieren und dabei aufklärende Kommunikation zu kontroversen Themen pflegen
- Merkmale von Kommunikation zwischen Menschen wiedergeben und verstehen

		• Kommunikation als Verhalten bzw. Gesamtheit aus Sprach- und Zeichenkommunikation, paralinguistischen Ausdrucksweisen und nicht-sprachlichen Ausdrucksmitteln verstehen • Kommunikationsabläufen im Hinblick auf die Wahrnehmung durch die Beteiligten strukturieren • Hierarchiebeziehungen in Kommunikationssituationen erkennen, einordnen und damit umgehen • Störungen in Kommunikationsabläufen erkennen und ihnen begegnen, z.B. durch Metakommunikation • verschiedene Aspekte von Mitteilungen in der zwischenmenschlichen Kommunikation erkennen und geeignet reagieren • explizite und implizite Botschaften bei Kommunikationsvorgängen unterscheiden und hinsichtlich Kongruenz analysieren • mit Bewusstsein für die Konstruktion individueller Wirklichkeiten bei Kommunikationsabläufen agieren
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	zur Vorlesungsbegleitung (wird zur Verfügung gestellt): Hans H. Brand: Kommunikation in Technik-Wissenschaften: oder: Was Ingenieure - außer dem Fachlichen - sonst noch wissen müssten und können sollten; Shaker Verlag, Aachen, 2012; ISBN 978-3-8440-1356-6 zur weiteren Vertiefung: Paul Watzlawick, Janet H. Beavin, Don D. Jackson: Pragmatics of Human Communication, A Study of Interactional Patterns, Pathology and Paradoxes; Mental Research Institute, Palo Alto, CA, USA, 1967; deutsch:;

	Menschliche Kommunikation - Formen, Störungen, Paradoxien; Hans Huber, Bern, Schweiz, 1969/2000/2003/2007 Friedemann Schulz v. Thun: Miteinander Reden 1 - Störungen und Klärungen - Stile, Werte und Persönlichkeitsentwicklung 3 - Das Innere Team" und situationsgerechte Kommunikation Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek, 1: 1981, 2:1989, 3:1998

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

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Jörg Robert
5	Contents	1. Einleitung 2. Darstellung von Signalen und Spektren • Kontinuierliche und diskrete Signale • Spektrum eines Signals • Unterabtastung und Überabtastung 3. Aufbau und Signale eines Software Defined Radio Systems • Blockschaltbild eines Software Defined Radio Systems • Basisband- und Trägersignale • Empfänger-Topologien • Signale in einem Software Defined Radio System 4. Drahtlose Netzwerke 5. Übertragungsstrecke • Funkstrecke • Antennen 6. Leistungsdaten eines Empfängers • Rauschen • Nichtlinearität • Dynamikbereich eines Empfängers 7. Digital Downconverter • CIC-Filter • Polyphasen-FIR-Filter • Halbband-Filterkaskade • Interpolation 8. Demodulation digital modulierter Signale • Einführung • Demodulation einer GFSK/PAM-Paketsendung 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.

Content:

1. Introduction
2. Signal representation and discrete signals
 - a. Continuous and discrete signals
 - b. Signal spectrum
 - c. Downsampling and upsampling
3. Structure and signals of a Software Defined Radio
 - a. Block diagram of a Software Defined Radio
 - b. Base band signals and carrier signals
 - c. Receiver topologies
 - d. Signals in a Software Defined Radio
4. Wireless networks
5. Transmission path
 - a. Radio link
 - b. Antennas
6. Performance data of a receiver
 - a. Noise
 - b. Nonlinearities
 - c. Dynamic range of a receiver

		7. Digital Down Converter a. CIC filter b. Polyphase FIR filter c. Halfband filter cascade d. Interpolation 8. Demodulation of digital modulated signals a. Introduction b. Demodulation of a GFSK/PAM packet transmission 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.
6	Learning objectives and skills	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. 2. Die Studierenden analysieren die Leistungsfähigkeit der analogen Komponenten eines SDR Systems und können Verfahren zur Optimierung dieser Komponenten selbständig anwenden. 3. Die Studierenden analysieren die digitalen Verarbeitungsschritte ausgewählter Modulationsarten und können damit selbst die digitale Signalverarbeitung eines SDR Senders und Empfängers erschaffen. 1. The students will understand the basic operation of a Software Defined Radio (SDR) system, i.e. the students will understand how the individual signal processing steps work as well as the signals themselves.

		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. 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.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen, grundlegende Kenntnisse im Bereich digitaler Signalverarbeitung werden vorausgesetzt
8	Integration in curriculum	Semester: 2
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zur Veranstaltung im StudON verfügbar: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_117973

1	Module name 92290	Communication networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zu Kommunikationsnetze (2 SWS) Vorlesung: Kommunikationsnetze (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Matthias Kränzler Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Hierarchische Strukturen von Netzfunktionen* OSI-Schichtenmodell, Kommunikation im OSI-Modell, Datenstrukturen, Vermittlungseinrichtungen * Datenübertragung von Punkt zu Punkt* Signalverarbeitung in der physikalischen Schicht, synchrones und asynchrones Multiplex, Verbindungsarten *Zuverlässige Datenübertragung* Fehlervorwärtskorrektur, Single-Parity-Check-Code, Stop-and-Wait-ARQ, Go-back-N-ARQ, Selective-Repeat-ARQ *Vielfachzugriffsprotokoll* Polling, Token Bus und Token Ring, ALOHA, slotted ALOHA, Carrier-Sensing-Verfahren *Routing* Kommunikationsnetze als Graphen, Fluten, vollständiger Baum und Hamilton-Schleife, Dijkstra-Algorithmus, Bellman-Ford-Algorithmus, statisches Routing mit Alternativen *Warteraumtheorie* Modell und Definitionen, Little's Theorem, Exponentialwarteräume, Exponentialwarteräume mit mehreren Bedienstationen, Halbexponentialwarteräume *Systembeispiel Internet-Protokoll* Internet Protokoll (IP), Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP) *Multimedianeetze* Klassifikation von multimedialen Anwendungen, Codierung von Multimediadaten, Audio- und Video-Streaming, Protokolle für

		interaktive Echtzeit-Anwendungen (RTP, RTCP), Dienstklassen und Dienstgütegarantien
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen den hierarchischen Aufbau von digitalen Kommunikationsnetzen • unterscheiden grundlegende Algorithmen für zuverlässige Datenübertragung mit Rückkanal und beurteilen deren Leistungsfähigkeit • analysieren Protokolle für Vielfachzugriff in digitalen Kommunikationsnetzen und berechnen deren Durchsatz • unterscheiden Routingverfahren und berechnen optimale Vermittlungswege für beispielhafte Kommunikationsnetze • abstrahieren und strukturieren Warteräume in Kommunikationsnetzen und berechnen maßgebliche Kenngrößen wie Aufenthaltsdauer und Belegung • verstehen grundlegende Mechanismen für die verlustlose und verlustbehaftete Codierung von Mediendaten • kennen die maßgeblichen Standards des Internets für Sicherung, Vermittlung und Transport von digitalen Daten
7	Prerequisites	Kenntnisse über Grundbegriffe der Stochastik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	M. Bossert, M. Breitbach, "Digitale Netze", Stuttgart: Teubner-Verlag, 1999

1	Module name 96801	Communication structures	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationsstrukturen (2 SWS) Übung: Übungen zu Kommunikationsstrukturen (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Jürgen Frickel	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	Einführung • Information und Kommunikation • Anwendungsgebiete - Kommunikation Strukturen und Eigenschaften von Kommunikationssystemen • Grundlegende Definitionen und Klassifikationen • Grundlegende Strukturen Protokolle und Schnittstellen • Grundlagen • Basis-Verfahren und Beispiele • TCP/IP-Protokol • Referenzmodell nach ISO/OSI • Sicherungsschicht/Data Link Layer (LLC und MAC) • Bitübertragungsschicht/Physical Layer • Übertragungsmedien Hardware in Kommunikationsstrukturen • HW-Architekturen und Funktionsblöcke • Digitale und Analoge Komponenten • Schaltungsdetails von Komponenten Grundlagen von Bussystemen • Klassifikation • Funktionale Eigenschaften • Arbitrierungs-Verfahren Leitungsgebundene Anwendungen für Rechnersysteme • Bus-Applikationen • Baustein-/IC-interne Busse (AMBA, FPI, ConTraBus, .) • Baugruppeninterne Busse (I2C, Chipsätze+Bridges, .) • Busse für Rechensysteme (VME, ISA, PCI, PCIe, AGP, .) • Peripherie-Busse (ATA, IEC, USB, Firewire, Fibre Channel, Thunderbolt .) Leitungsgebundene Anwendungen in Systemen

		• Feldkommunikation • Automobil, Luftfahrt, Space (CAN, MOST, LIN, MILBus, Spacewire .) • Industrie, Haustechnik (Profibus, EIB, .) • Weitverkehrsnetze • SDH, PDH, ATM,
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt die Konzepte und Verfahren vor allem drahtgebundener Kommunikationssysteme anzuwenden. 2. Die Studierenden lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Kommunikationsprotokolle zu verstehen, und miteinander zu vergleichen. 3. Desweiteren analysieren und klassifizieren Sie grundlegende Strukturen von leitungsgebundenen Kommunikationssystemen anhand ihrer funktionalen Eigenschaften.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96801	Communication structures	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Kommunikationsstrukturen (2 SWS) Übung: Übungen zu Kommunikationsstrukturen (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Jürgen Frickel	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	Einführung • Information und Kommunikation • Anwendungsgebiete - Kommunikation Strukturen und Eigenschaften von Kommunikationssystemen • Grundlegende Definitionen und Klassifikationen • Grundlegende Strukturen Protokolle und Schnittstellen • Grundlagen • Basis-Verfahren und Beispiele • TCP/IP-Protokol • Referenzmodell nach ISO/OSI • Sicherungsschicht/Data Link Layer (LLC und MAC) • Bitübertragungsschicht/Physical Layer • Übertragungsmedien Hardware in Kommunikationsstrukturen • HW-Architekturen und Funktionsblöcke • Digitale und Analoge Komponenten • Schaltungsdetails von Komponenten Grundlagen von Bussystemen • Klassifikation • Funktionale Eigenschaften • Arbitrierungs-Verfahren Leitungsgebundene Anwendungen für Rechnersysteme • Bus-Applikationen • Baustein-/IC-interne Busse (AMBA, FPI, ConTraBus, .) • Baugruppeninterne Busse (I2C, Chipsätze+Bridges, .) • Busse für Rechensysteme (VME, ISA, PCI, PCIe, AGP, .) • Peripherie-Busse (ATA, IEC, USB, Firewire, Fibre Channel, Thunderbolt .) Leitungsgebundene Anwendungen in Systemen

		• Feldkommunikation • Automobil, Luftfahrt, Space (CAN, MOST, LIN, MILBus, Spacewire .) • Industrie, Haustechnik (Profibus, EIB, .) • Weitverkehrsnetze • SDH, PDH, ATM,
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden werden in die Lage versetzt die Konzepte und Verfahren vor allem drahtgebundener Kommunikationssysteme anzuwenden. 2. Die Studierenden lernen die Funktionsweise und den Einsatzzweck diverser Kommunikationsprotokolle zu verstehen, und miteinander zu vergleichen. 3. Desweiteren analysieren und klassifizieren Sie grundlegende Strukturen von leitungsgebundenen Kommunikationssystemen anhand ihrer funktionalen Eigenschaften.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 92410	Komponenten optischer Kommunikationssysteme	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Komponenten optischer Kommunikationssysteme Übung (2 SWS) Vorlesung: Komponenten optischer Kommunikationssysteme (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Christian Carlowitz Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	Seit Ende der 70er Jahre werden Systeme zur optischen Nachrichtenübertragung eingesetzt. Seither haben sich sowohl deren Übertragungskapazität als auch die Reichweite drastisch erhöht. Die so entstandenen optischen Kommunikationsnetze sind al Rückgrat der weltweiten Kommunikationsinfrastruktur zu sehen. Diese Entwicklungen wurden und werden besonders durch Innovationen auf dem Gebiet der Komponenten und Subsysteme ermöglicht. Im Rahmen der Vorlesung wird auf die physikalischen Grundlagen der wichtigsten Komponenten wie Halbleiterlaser, Modulatoren, Glasfasern, optische Verstärker und Empfangsdioden eingegangen, wobei ein besonderes Augenmerk auf systemrelevante Effekte und Kenngrößen gelegt wird. An Beispielen wird der Einfluss von Komponenteneigenschaften auf die Leistungsmerkmale des Gesamtsystems erläutert. Dabei wird auch auf real eingesetzte oder in Entwicklung befindliche Komponenten und Systeme Bezug genommen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen den Aufbau und die Funktionsweisen von opto-elektronischen und optischen Bauelementen, die in der optischen Übertragungstechnik eingesetzt werden. • können die optischen Eigenschaften der Systemkomponenten und deren Beeinflussung durch die gewählten Betriebsparameter beurteilen. • kennen die verschiedenen Bauelemente und Subsysteme und deren Eigenschaften • können die Bedeutung linearer und nichtlinearer faseroptischer Effekte und deren Auswirkung auf Systemeigenschaften einschätzen. • können faseroptische Übertragungssysteme und ihre komponentenabhängigen Eigenschaften analysieren. • beherrschen den grundlegenden Umgang mit Systemsimulationswerkzeugen zur Dimensionierung faseroptischer Übertragungssysteme.
7	Prerequisites	Empfohlen werden grundlegende Kenntnisse in den Bereichen: • Halbleiterphysik • Strahlenoptik • Photonik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Agrawal, G.P.: Fiber Optic Communication Systems, Willey, New York, 1992. Voges, E.; Petermann, K.: Optische Kommunikationstechnik, Springer, Berlin, 2002. Kaminow, I, Li, T.: Optical Fiber Telecommunications IVA, Academic Press, 2002. Kaminow, I, Li, T., Willner, A.: Optical Fiber Telecommunications VA, Academic Press, 2008.

1	Module name 894856	Artificial intelligence I	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Künstliche Intelligenz I (2 SWS) Vorlesung: Artificial Intelligence I (4 SWS)	- 7,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr. Florian Rabe Prof. Dr. Michael Kohlhase PD Dr. Florian Rabe Prof. Dr. Michael Kohlhase	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Contents	Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit. --- This module covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.
6	Learning objectives and skills	- Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen. - Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben). - Analyse: Die Studierenden lernen die über die modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. Sozialkompetenz - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen *Inhalt*: - Agentenmodelle als Grundlage der Künstlichen Intelligenz - Logisches Programmieren in Prolog - Heuristische Suche als Methode zur Problemlösung - Zwei-Agenten-Suche (automatisierung von Brettspielen) mittels heuristischer Suche - Constraint Solving/Propagation - Logische Sprachen für die Wissensrepräsentation

		- Inferenz and Automatisiertes Theorembeweisen (DPLL-Varianten und PL1)_ - Classisches Planen - Planen und Agieren in der wirklichen Welt. --- Technical, Learning, and Method Competencies - Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI. - Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). - Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. - Social Competences: Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah). Contents: Foundations of symbolic AI, in particular: - Agent Models as foundation of AI - Logic Programming in Prolog - Heuristic Search as a method for problem solving - Adversarial Search (automating board games) via heuristic search - Constraint Solving/Propagation - Logical Languages for knowledge representation - Inference and automated theorem proving - Classical Planning - Planning and Acting in the real world.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009. Deutsche Ausgabe: Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1.

1	Module name 95067	Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Machine Learning for Engineers I: Introduction to Methods and Tools (0 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Prof. Dr. Nico Hanenkamp	

4	Module coordinator	Thomas Altstidl Prof. Dr. Björn Eskofier
5	Contents	This is an introductory course presenting fundamental algorithms of machine learning (ML) that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers • Introduction to Python programming in the field of data science • Review of typical task domains (such as regression, classification and dimensionality reduction) • Theoretical understanding of widely used machine learning methods (such as linear and logistic regression, support vector machines (SVM), principal component analysis (PCA) and deep neural networks (DNN)) • Practical application of these machine learning methods on engineering problems
6	Learning objectives and skills	After successfully participating in this course, students should be able to • independently recognize the task domain at hand for new applications • select a suitable and promising machine learning methodology based on their known theoretical properties • apply the chosen methodology to the given problem using Python
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012 2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009

	3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016

1	Module name 668129	Machine learning in communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Machine Learning in Communications (4 SWS) Übung: Tutorial for Machine Learning in Communications (0 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Nikita Shanin	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci
5	Contents	Recently, in many areas of wireless communications such as wireless sensor networks (WSNs), heterogeneous networks and complex ad hoc networks, distributed graph algorithms and machine learning on graphs are gaining relevance as fundamental tools in network analysis and information processing. This motivates to deliver a general introduction to fundamentals of machine learning such as detection of clusters on graphs. The introduction is followed by the application of machine learning to the design of physical and data layer techniques in wireless communications and in the optimization of mobile networks.
6	Learning objectives and skills	The students • know and explain the fundamentals of machine learning with special attention to machine learning over graphs. • apply these principles in the design and optimisation of wireless communications systems and mobile networks.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 92347	Mechatronic components and systems (MCS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Mechatronic components and systems (2 SWS) Übung: Mechatronic components and systems (UE) (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Rodrigo Jose Velasco Guillen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle
5	Contents	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 • Sensors for measuring mechanical quantities • Control and information processing
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to: • Holistically understand mechatronic systems and optimize them using methods of system integration, control, and information processing. • Grundlegende mechanische Komponenten unterscheiden, charakterisieren, modellieren und im Rahmen des Systementwurfs auswählen und dimensionieren. • Distinguish, characterize, model, and select basic mechanical components to dimension them in terms of system design. • Describe electrodynamic, electromagnetic, fluid power, and unconventional actuators phenomenologically and mathematically to dimension them considering the overall system. • Describe sensors for measuring mechanical quantities phenomenologically and mathematically and dimension them taking into account the overall system.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 5

9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Rinderknecht, S. (2018). Einführung in die Mechatronik für den Maschinenbau. Shaker. • Isermann, R. (2007). Mechatronische Systeme: Grundlagen. Springer. • Janocha, H. (Ed.). (2013). Aktoren: Grundlagen und Anwendungen. Springer

1	Module name 96030	Medical electronics	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Medizinelektronik - Übung / Medical Electronics Exercises (2 SWS) Vorlesung: Medizinelektronik - Medical Electronics (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Thomas Kurin Dr. Jens Kirchner	

4	Module coordinator	Dr. Jens Kirchner
5	Contents	The Lecture and exercise deals with the following topics: • Electronics for medical diagnostics and therapy • Challenges for medical engineering from demographic development and epidemiology of common diseases • Concepts for chronic disease management and elderly care • Regulatory framework of circuit design for medical devices • Circuit design of standard medical equipment ECG, EEG, EMG, SpO2 • Sensor principles and circuit design for biosignal acquisition • Analog-digital balance • Energy management for medical devices • Body near energy harvesting • Health data transmission • Electronic systems for ambient assisted living (AAL) • Circuit technology for lab-on-chip and microelectromechanical systems (MEMS) • Circuit technology for implants and wearable systems
6	Learning objectives and skills	Students will gain • Substantial knowledge on principles of circuit design for medical electronic devices • Substantial knowledge on circuit design for standard medical devices, e.g. ECG, EEG, EMG • Substantial knowledge on design of medical sensors • Substantial knowledge on system design for health assistance systems, wearable medical devices and implants • Ability to analyze circuit diagrams of medical electronic devices • Ability to separate medical electronic devices into their subfunctions • Ability to analyze energy budget of medical devices, particularly wearable systems • Basic ability to design electronic circuits to comply with regulatory requirements
7	Prerequisites	Completion of the modules "Circuit design" ("Schaltungstechnik") or "Electronics and circuit design" ("Elektronik und Schaltungstechnik") is recommended before attending the course.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222

10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 722831	Lecture and advanced tutorial: Middleware - Cloud computing	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Middleware - Cloud Computing (2 SWS) Übung: Middleware - Cloud Computing - Übungen (2 SWS) Übung: Middleware - Cloud Computing - Rechnerübungen (2 SWS) Übung: Middleware - Cloud Computing - Erweiterte Übungen (2 SWS)	- - - 5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Tobias Distler Laura Lawniczak	

4	Module coordinator	PD Dr.Ing. Tobias Distler
5	Contents	• Überblick Cloud Computing • Grundlagen verteilter Programmierung (Web Services/SOAP/REST) • Virtualisierung als Basis für Cloud Computing • Infrastructure as a Service (IaaS) am Beispiel von Eucalyptus und Amazon EC2 • Skalierbare Verarbeitung von großen Datenmengen • Interoperabilität und Multi-Cloud Computing • Fehlertoleranz im Kontext von Cloud Computing • Aktuelle Forschungstrends
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: - nennen unterschiedliche Ausprägungen von Cloud-Computing. - erläutern verschiedene Cloud-Architekturen. - stellen Vor- und Nachteile von Cloud-Computing gegenüber. - unterscheiden die Herangehensweisen bei der Entwicklung von SOAP- im Vergleich zu REST-Anwendungen. - organisieren den Austausch von Informationen in einer verteilten Anwendung unter Verwendung eines Verzeichnisdienstes. - entwickeln eigene auf Web-Services basierende Anwendungen. - bewerten die Vor- und Nachteile der Bündelung von Nachrichten beim Aufruf von Web-Services. - erläutern die Anforderungen an ein virtualisiertes System. - beschreiben die für die Virtualisierung eines Systems erforderlichen Kriterien.

- vergleichen zwischen unterschiedlichen Virtualisierungstechniken und -ebenen.
- schildern den Aufbau und die Funktionsweise von Xen und Linux-VServer.
- erproben das Einrichten eines Abbilds für eine virtuelle Maschine.
- skizzieren die Architektur einer Infrastruktur-Cloud sowie die Aufgabenbereiche hierfür zentraler Komponenten am Beispiel von Eucalyptus.
- erproben das Bereitstellen von Anwendungen in einer Infrastruktur-Cloud.
- zeigen die Grundlagen Software-definierter Netzwerke am Beispiel von Onix und B4 auf.
- 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.
- erläutern eine auf Vektoruhren basierende Methode zur Auflösung im Zusammenhang mit letztendlicher Konsistenz auftretender Konflikte.
- entwickeln ein verteiltes, repliziertes Dateisystem nach dem Vorbild von HDFS, das auf die hierarchische Speicherung großer Datenmengen ausgelegt ist.
- erkunden das Bereitstellen selbst entwickelter Dienste mittels Docker.
- erstellen ein Framework zur parallelen Bearbeitung von Daten nach dem Vorbild von MapReduce.
- konzipieren eigene MapReduce-Anwendungen zur Verarbeitung strukturierter bzw. unstrukturierter Rohdaten.
- diskutieren die Fehlertoleranzmechanismen in Google MapReduce.
- schildern die grundsätzliche Funktionsweise von Systemen zur Kühlung von Datenzentren mittels Umgebungsluft.
- beschreiben das Grundkonzept einer temperaturabhängigen Lastverteilung von Prozessen in einem Datenzentrum.
- stellen diverse Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz von MapReduce-Clustern gegenüber.

		- unterscheiden die Architekturen und Funktionsweisen der Koordinierungsdienste Chubby und ZooKeeper. - entwickeln einen eigenen Koordinierungsdienst nach dem Vorbild von ZooKeeper. - ermitteln die Konsistenzeigenschaften der eigenen Koordinierungsdienstimplementierung. - erläutern unterschiedliche Ansätze zur Reduzierung bzw. Tolerierung von Tail-Latenz. - skizzieren das Grundkonzept von Erasure-Codes. - beschreiben den Aufbau eines auf die Clouds mehrerer Anbieter gestützten Datenspeichersystems. - erläutern den Einsatz passiver Replikation zur Bereitstellung von Fehlertoleranzmechanismen für virtuelle Maschinen am Beispiel von Remus. - schildern die Grundlagen der Migration von virtuellen Maschinen. - bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur. - erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. - können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. - können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. - können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen. - reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.
7	Prerequisites	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio Erfolgreiche Bearbeitung aller während des Semesters gestellten Übungsaufgaben (6 Aufgaben, Bewertung jeweils mit "ausreichend") + 30-minütige mündliche Prüfung am Ende des Semesters. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester

13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	Contents	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	Learning objectives and skills	The students • learn about different MIMO channel models, • analyze MIMO communication systems with respect to their channel capacity and reliability, • determine MIMO figures of merit such as coding gain, diversity gain, and multiplexing gain, • compare and evaluate different MIMO receiver designs, • characterize the rate region of multiuser systems, • analyze massive MIMO systems, • discuss the advantages and disadvantages of different relay network architectures. Die Studierenden • lernen verschiedene MIMO-Kanalmodelle kennen, • analysieren MIMO-Kommunikationssysteme hinsichtlich der Kanalkapazität und Zuverlässigkeit, • ermitteln MIMO-Kenngrößen wie Codierungsgewinn, Diversitätsgewinn und Multiplexgewinn, • vergleichen und beurteilen verschiedene MIMO-Empfangsstrategien, • charakterisieren die Ratenregion von Mehrteilnehmersystemen, • analysieren Massive-MIMO-Systeme, • diskutieren die Vor- und Nachteile verschiedener Relaisnetzwerkarchitekturen.
7	Prerequisites	Basic course in communications
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich oder mündlich
11	Grading procedure	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 858896	Modeling, optimization and simulation of energy systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (2 SWS) Vorlesung: Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Marco Pruckner	

4	Module coordinator	Marco Pruckner
5	Contents	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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • unterscheiden Probleme und Herausforderungen, die mit dem Energieumstieg verbunden sind, • erfassen die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten computergestützter Planungsmethoden im Energiebereich, • analysieren verschiedene Problemstellungen und setzen Lösungen dafür um, • erlernen verschiedene Methoden der Datenanalyse, Optimierung und Simulation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 454183	Molecular communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Molecular Communications (0 SWS) Vorlesung: Molecular Communications (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Lotter Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Schober
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 687141	Multiusuer information and communications theory	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Tutorial for Multiusuer Information and Communications Theory (1 SWS) Vorlesung: Multiusuer Information and Communications Theory (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Saba Asaad Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	Linear vs. nonlinear multiple-access, CDMA as a canonical framework for any multiple-access schemes, optimum multiuser detection, linear multiuser detection, interference cancellation, rate region, multiuser source coding, time sharing, multiuser channel codes, multiple-access channel (MAC), capacity region, mutual information versus minimum-mean squared error, Gaussian MAC, power region, Gaussian vector MAC, source coding with side information, degraded broadcast channel, Gaussian broadcast-MAC duality, Gaussian vector broadcast channel, dirty-paper coding, physically degraded relay channel, scalar Gaussian relay channel, Gaussian interference channel, cut-set bound, network coding, fading channels, multiuser water filling, block fading, diversity, user diversity, capacity versus outage, near-far gain, dual antenna arrays
6	Learning objectives and skills	The students model any multiple access method as a special case of code-division multiple access. The students apply various algorithms for multiuser detection. The students explain various types of multiuser channels and their limits to transport information. The students explain the limits of distributed source coding algorithms. The students apply the cut-set bound. The students explain the method of dirty-paper coding. The students collaborate on solving exercise problems.
7	Prerequisites	Recommended: A basic course on information theory (can be taken in parallel)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• El Gamal, A., Kim, Y.: Network Information Theory, Cambridge University Press, 2011 • Cover, T., Thomas, J.: Elements of Information Theory, 2nd ed., Wiley, Hoboken, 2006 • Verdú, S.: Multiuser Detection, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1998 • Tse, D., Viswanath, P.: Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.

1	Module name 639119	Music processing analysis - Lecture and exercise	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Music Processing Analysis - Exercise (2 SWS) Vorlesung: Music Processing Analysis (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Meinard Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen • Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze. • Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik. • Die Studierenden interpretieren Signaleigenschaften anhand von Visualisierungen (Exercise). Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an. • Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken. • Die Studierenden implementieren Algorithmen zur Analyse, zum Vergleich und zur inhaltsbasierten Suche von Musiksignalen (Exercise). Analysieren • Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse. • Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber.

		• Die Studierenden analysieren und erforschen Eigenschaften von Musiksignalen mittels automatisierter Methoden (Exercise). • Die Studierenden klassifizieren und strukturieren Musikdaten mittels Lernverfahren (Exercise). Evaluieren (Beurteilen) • Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden. • Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen. • Die Studierenden evaluieren automatisierte Methoden mittels geeigneter Evaluationsmaße unter Verwendung von manuell erstellten Annotationen (Exercise). Erschaffen • ◦ Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor. ◦ Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis. ◦ Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen. ◦ Die Studierenden entwickeln praktische Lösungswege für Problem in der Musikverarbeitung (Exercise) ◦ Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben. ◦ Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft. ◦ Die Studierenden nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers und der Tutoren zur Verbesserung ihrer Lernstrategien (Exercise). ◦ Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird. ◦ Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen. ◦ Die Studierenden entwickeln und implementieren Software im Team (Exercise). ◦ Die Studierenden geben Kommilitonen im Rahmen ihrer Zusammenarbeit wertschätzendes Feedback (Exercise).
7	Prerequisites	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	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Meinard Müller Fundamentals of Music Processing Using Python and Jupyter Notebooks 2nd edition, 495 p., hardcover ISBN: 978-3-030-69807-2 Springer, 2021 http://www.music-processing.de/ https://www.audiolabs-erlangen.de/FMP

1	Module name 302148	Music processing - Analysis	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Music Processing Analysis (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Meinard Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	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.
6	Learning objectives and skills	Expertise Understand • The students present central tasks in music processing in their own words and outline possible solutions. • The students understand the properties of different forms of representation of music. Apply • The students apply basic algorithms for the analysis and comparison of music signals. • Students can predict how different musical properties will affect the signal analysis. Analyze • The students observe and discuss the meaning and impact of parameters in music analysis. • The students compare different methods of analyzing periodicities. Evaluate • The students question assumptions that are often implicitly made when using analytical methods. • Students estimate when methods might work when analyzing specific music signals and when they typically fail.

Learning and methodological skills

- The students prepare for the lecture using selected literature and Jupyter notebooks.
- The students question existing approaches regarding their applicability in practice.
- The students pay attention to efficiency issues in the algorithms discussed.

Self-competence

- The students question their understanding of what they have learned using exercises.
- The students formulate questions and ask them to the lecturer and the audience in the lecture.

Social skills

- The students independently organize learning groups in which the subject is discussed and deepened.
- The students simulate oral exams with their fellow students.

Fachkompetenz

Verstehen

- Die Studierenden stellen zentrale Aufgabenstellungen der Musikverarbeitung in eigenen Worten dar und skizzieren Lösungsansätze.
- Die Studierenden verstehen die Eigenschaften von unterschiedlichen Darstellungsformen von Musik.

Anwenden

- Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen zur Analyse und zum Vergleich von Musiksignalen an.
- Die Studierenden können voraussagen, wie sich unterschiedliche musikalische Eigenschaften bei der Signalanalyse auswirken.

Analysieren

- Die Studierenden beobachten und diskutieren die Bedeutung und Auswirkung von Parametern bei der Musikanalyse.
- Die Studierenden stellen unterschiedliche Verfahren bei der Analyse von Periodizitäten gegenüber.

Evaluieren (Beurteilen)

		- Die Studierenden hinterfragen Annahmen, die implizit bei der Verwendung von Analysemethoden gemacht werden. - Die Studierenden schätzen ein, wann Methoden bei der Analyse von gewissen Musiksensignalen funktionieren könnten und wann sie typischerweise versagen. Lern- bzw. Methodenkompetenz - Die Studierenden bereiten sich auf die Vorlesung anhand ausgewählter Literatur vor. - Die Studierenden hinterfragen bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis. - Die Studierenden beachten Fragen der Effizienz bei den diskutierten Algorithmen. Selbstkompetenz - Die Studierenden hinterfragen ihr Verständnis von dem Gelernten anhand von Übungsaufgaben. - Die Studierenden formulieren Fragen und stellen diese in der Vorlesung an den Dozenten und die Zuhörerschaft. Sozialkompetenz - Die Studierenden organisieren selbständig Lerngruppen, in denen der Stoff diskutiert und vertieft wird. - Die Studierenden simulieren mit ihren Kommilitonen mündliche Prüfungen.
7	Prerequisites	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	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	http://www.music-processing.de http://www.springer.com/gp/book/9783319219448

1	Module name 45486	Numerical methods in thermal fluid mechanics II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II - Übung (1 SWS) Vorlesung: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Manuel Münsch	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Manuel Münsch
5	Contents	1. Curvilinear grids 2. Turbulent flows 3. Direct Numerical Simulations (DNS) 4. Reynolds Averaged Navier-Stokes equations (RANS) 5. Large Eddy Simulation (LES) 6. Particulate and multiphase flows 7. Fluid-structure Interaction 8. Flows in porous media
6	Learning objectives and skills	The students • Know how to solve CFD problems in curvilinear grids • Understand the main properties of turbulent flows • Understand the strengths and weaknesses of widely used simulation models of turbulence • Select the appropriate model and boundary equations for a given application • Be able to perform turbulence and complex flows simulations with OpenFOAM • Work in team and write a report describing the results and significance of a simulation of turbulent flow
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch

16	Bibliography	• J. H. Ferziger, M. Peric, Numerische Strömungsmechanik, Springer, 2008

1	Module name 92390	Photonics 1	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Photonik 1 Übung (2 SWS) Vorlesung: Photonik 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Max Köppel Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können Grundlagen der Physik des Lasers darlegen. • verstehen Eigenschaften und Beschreibungsmethoden von laseraktiven Medien, der stimulierte Strahlungsübergänge, der Ratengleichungen, von optischen Resonatoren und von Gauß-Strahlen. • können verschiedene Lasertypen aus dem Bereichen Gaslaser, Festkörperlaser und Halbleiterlaser erklären und vergleichen. • können grundlegende Eigenschaften von Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterbauelementen erklären und skizzieren. • verstehen Aufbau und Funktionsweise ausgewählter optoelektronischer Bauelemente. • 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.
7	Prerequisites	Empfohlen werden Kenntnisse im Bereich: • Experimentalphysik, Optik • Elektromagnetische Felder • Grundlagen der Elektrotechnik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010. Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012. Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004. Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008. Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.

1	Module name 278169	Programming techniques for supercomputers (lecture and tutorial)	7,5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr. Gerhard Wellein
5	Contents	• Introduction to the architecture of modern supercomputers • Single core architecture and optimisation strategies • Memory hierarchy and data access optimization • Concepts of parallel computers and parallel computing • Efficient "shared memory parallelisation (OpenMP) • Parallelisation approaches for multi-core processors including GPUs • Efficient "distributed memory parallelisation (MPI) • Roofline performance model • Serial and parallel performance modelling • Energy efficient implementation and execution of parallel programs
6	Learning objectives and skills	Students • acquire a comprehensive overview of programming modern supercomputers efficiently for numerical simulations • learn modern optimisation and parallelisation strategies, guided by structured performance modelling • acquire an insight into innovative programming techniques and alternative supercomputer architectures • are able to implement basic numerical methods with high hardware efficiency on parallel computers • are able to program and use modern supercomputer with high (energy) efficiency
7	Prerequisites	Experience in C/C++ or Fortran programming required; basic knowledge of MPI and OpenMP programming
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch

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

1	Module name 92531	Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1	5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen. Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben. Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.
7	Prerequisites	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	Haken, Herrmann & Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik

	• Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen

1	Module name 93168	Query Processing on Modern Hardware	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Query Processing on Modern Hardware (2 SWS) Vorlesung: Query Processing on Modern Hardware (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Ahmad Adnan Alhomssi Prof. Dr. Viktor Leis	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Viktor Leis
5	Contents	The course teaches how to design and develop high-performance query engines. It covers database query processing methods and algorithms, SIMD instructions, parallelization on many-core processors, distributed query processing, and out-of-memory processing.
6	Learning objectives and skills	Students understand how query engines of modern database systems work. They can implement scalable and efficient algorithms for large-scale query processing and analytics.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96316	Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Radar, RFID and Wireless Sensor Systems Exercises (2 SWS) Vorlesung: Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Christian Carlowitz Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	Radar, RFID and wireless sensor and wireless locating systems are essential for automotive advanced driver-assistance systems (ADAS), autonomous driving and flying, robotics, industrial automation, logistics and novel human machine interfaces. Further key areas include medical electronics, building technology and cyber-physical systems. The module "Radar, RFID and Wireless Sensors" is an introduction into functional principles, building blocks, hardware and signal processing concepts and applications of modern radar, RFID, wireless sensor and real time locating systems. Covered applications include automotive radar, road and air traffic control systems, as well as robotics, industrial automation and medical technology. RWS is an identical replacement of the former module "Drahtlose Sensoren, Radar- und RFID-Systeme DSR.
6	Learning objectives and skills	The students • learn about the setup, function and application of wireless sensors, Radar and RFID-systems • can analyze, discuss and implement basic components and system structures, signal theory, data processing and use cases • can determine the underlying physical limitations and sources of errors • are able to analyze and create system specifications and can compare and rate the usability of wireless esnsors, Radar and RFID-systems • can create and define independently applications and system designs of RWSs
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Sensors for Ranging and Imaging", Graham Brooker, Scitech Publishing Inc., 2009 Radar mit realer und synthetischer Apertur", H. Klausing, W. Holpp, Oldenbourg, 1999 Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung" Albrecht K. Ludloff, 2008 "RFID at ultra and super high frequencies: theory and application Dominique Paret, John Wiley & Sons, 2009. RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC", Klaus Finkenzeller, Carl Hanser Verlag, 6. Auflage 2012.

1	Module name 451971	Random matrices in communications and signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Random Matrices in Communications and Signal Processing (2 SWS) Übung: Tutorial for Random Matrices in Communications and Signal Processing (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	Dual antenna arrays, compressive sensing, Wishart distribution, factor iid model, Kronecker model, convergence of random variables, semi-circle law, quarter circle law, full circle law, Haar distribution, Marchenko-Pastur distribution, Stieltjes transform, Girkos law, unitary invariance, freeness, free convolution, R-transform, free central limit theorem, free Poisson limit theorem, subordination, S-transform, R-diagonal random matrices, R-diagonal free convolution, Haagerup-Larsen law, operator-valued freeness, linearization of noncommutative polynomials, free Fourier transform, self-averaging properties, microscopic vs. macroscopic random variables, quenched random variable, a statistical physics point of view of digital systems, spin glasses, frozen disorder, replica method, replica continuity, replica symmetry, replica symmetry breaking, approximate message passing, classification of np-complete problems
6	Learning objectives and skills	The students find the limiting eigenvalue distributions of various types of random matrices. The students explain Stieltjes, R- and S-transforms. The students explain the limits of various types of fading channels. The students design coding and decoding methods for a given type of multiuser channel. The students perform additive and multiplicative free convolution. The students calculate the asymptotic eigenvalues distributions of given random matrix ensembles. The students construct random matrix ensembles with a given eigenvalue distribution. The students linearize matrix polynomials. The students derive the Boltzmann distribution. The students utilize saddle point integration. The students perform replica calculations.

		The students explain the meaning of replica symmetry breaking. The students collaborate on solving exercise problems.
7	Prerequisites	Recommended: Good skills in linear algebra, probability theory and complex analysis
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Mingo, J., Speicher, R.: Free Probability and Random Matrices, Springer, 2017 • Couillet, R., Debbah, M.: Random Matrix Methods for Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2011. • Mezard, M., Montanari, A.: Information, Physics, and Computation, Oxford Graduate Texts, 2009.

1	Module name 93150	Computer communications	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Rechnernetzwerke (2 SWS) Übung: Rechnernetzwerke Übungen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Alexander Brummer Dr.-Ing. Peter Bazan	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Rechnernetzwerke und durchläuft von oben nach unten die Schichten des Internets: • Anwendungsschicht • Transportschicht • Netzwerkschicht • Sicherungsschicht • Physikalische Schicht Anschließend wird Sicherheit als übergreifender Aspekt behandelt. An verschiedenen Stellen werden analytische Modelle eingesetzt, um Wege für eine quantitative Auslegung von Kommunikationsnetzen aufzuzeigen. Die Übung beinhaltet praktische und theoretische Aufgaben zum Verständnis der einzelnen Schichten.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erwerben • Kenntnisse über zentrale Mechanismen, Protokolle und Architekturen der Rechnernetzwerke (Topologie, Schicht, Adressierung, Wegsuche, Weiterleitung, Flusskontrolle, Überlastkontrolle, Fehlersicherung, Medienzugriff, Bitübertragung) am Beispiel des Internets und mit Ausblicken auf andere Netztechnologien • Kenntnisse über Sicherheit, Leistung und Zuverlässigkeit bei der Rechnernetzwerke • praktische Erfahrung in der Benutzung und Programmierung von Rechnernetzen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten) Übungsleistung
11	Grading procedure	Klausur (100%) Übungsleistung (0%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Lehrbuch: Kurose, Ross. Computer Networking. 8th Ed., Pearson, 2021.

1	Module name 92650	Control engineering A (Foundations)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Regelungstechnik A (Grundlagen) - Übungen (2 SWS) Vorlesung: Regelungstechnik A (Grundlagen) (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen
5	Contents	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: • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik • Modellbildung der Strecke im Zeit und Frequenzbereich und Darstellung als Strukturbild • Analyse des Streckenverhaltens linearer Eingrößensysteme anhand von Übertragungsfunktion und Frequenzgang • Auslegung einschleifiger Regelkreise • Erweiterte Regelkreisstrukturen
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden können • Gegenstand und Zielstellung der Regelungstechnik erläutern. • Problemstellungen als Steuerungs- und Regelungsaufgabe identifizieren. • das Streckenverhalten durch ein mathematisches Modell in Form des Strukturbilds beschreiben. • eine Modellvereinfachung durch Linearisierung und Strukturbildumformung durchführen. • aus Übertragungsfunktion und Frequenzgang das qualitative Streckenverhalten ermitteln. • zu einem Frequenzgang Ortskurve und Bode-Diagramm angeben. • den Aufbau einer Zwei-Freiheitsgrade-Regelung angeben und die Zweckbestimmung von Vorsteuerung und Regelung erläutern. • Sollverläufe auf Zulässigkeit überprüfen und realisierbare Vorsteuerungen entwerfen. • die Regelkreis-Stabilität definieren und mit dem Nyquist-Kriterium untersuchen. • entscheiden, wann welcher Reglertyp in Frage kommt und nach welchen Gesichtspunkten dessen Parameter zu wählen sind. • für lineare Eingrößensysteme einen geeigneten Regler entwerfen. • ergänzende Maßnahmen zur Störverhaltensverbesserung beschreiben und zur Anwendung bringen. • die Vorlesungsinhalte auf verwandte Problemstellungen übertragen und sich weiterführende Frequenzbereichsmethoden der Regelungstechnik selbständig erschließen.

7	Prerequisites	Systemtheorie linearer zeitkontinuierlicher Systeme (inkl. Laplace-Transformation)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• O. Föllinger. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, 12. Auflage, VDE-Verlag, 2016 • M. Horn, N. Dourdoumas. Regelungstechnik, Pearson Studium, 2004 • W. Leonhard. Einführung in die Regelungstechnik, 4. Auflage, Vieweg, 1987 • J. Lunze. Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 12. Auflage, Springer, 2020 • R. Unbehauen. Regelungstechnik 1, 12. Auflage, 2002 • G. Ludyk. Theoretische Regelungstechnik 1 und 2, Springer, 1995

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	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. The lecture covers the following topics: • visualization design basics (data abstraction, visual encoding of information), • a review of scalar and vector calculus (differential properties, extremal and critical points), • data structures and data acquisition techniques (grids, interpolation, and differentiation), • indirect volume visualization (marching cubes and contour trees), • direct volume visualization (ray marching and Monte Carlo rendering), • elementary and line-based flow visualization (numerical integration, seeding, rendering), • surface-based flow visualization (integration, selection, rendering), • topology-based flow visualization (topological skeleton, bifurcations, feature flow fields), • feature-based flow visualization (vortices, material boundaries, Lagrangian coherent structures), • advanced methods (tensor visualization, uncertainty, ensembles)
6	Learning objectives and skills	Students are able to: • use perception basics to select appropriate visualization methods • classify data and select appropriate visualization techniques • calculate differential properties of scalar and vector fields • identify features in scalar and vector-valued data • implement numerical extraction algorithms • learn the advantages and disadvantages of common visualization techniques

7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44521	Selected Topics of Deep Learning for Audio, Speech, and Music Processing	2,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43960	Self-Organized Networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Self-organized networks (Ex) (2 SWS) Vorlesung: Self-organized networks (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	Self-organized networks (2,5 ECTS) Self-organization refers to processes in physical and biological systems which form patterns by interactions of internal parts of the system and/or their interactions with the environment without any form of external interventions. The resulting organization of systems in this case is fully decentralized and distributed over their parts. There are numerous examples of self-organizing systems e.g. flock of birds, neural learning, evolutionary computation, swarm of robots, and self-organizing networks. The principles of self-organization are applied in different communication technologies such as wired and wireless networks. Transport Control Protocol (TCP), Carrier Sense Multiple Access (CSMA), Adaptive Modulation and Coding (AMC) are some examples of self-organized protocols. Besides, Self-Organizing Network (SON) has been defined by 3GPP as the standardization organization of cellular networks. SON refers to the functionality of cellular systems (e.g. 4G and 5G) which enables the system to perform self-configuration, self-optimization and self-healing. Artificial intelligence and mostly machine learning algorithms play an important role in the implementation of SON. This course aims to give you an insight to the self-organization systems and specially self-organizing networks and illustrate the importance of AI and ML in their implementation. The content of this course includes: • ◦ Self-organizing features and protocols in communication networks ◦ In wired networks ◦ In wireless networks § IEEE 802.11 § Ad hoc and sensor networks § UAV networks ◦ Self-Organizing Networks (SON) in 4G and 5G § Self-configuration § Self-optimization § Self-healing Methods for implementation of self-organizing systems ◦ Bio-inspired methods ◦ Artificial intelligence The final exam is in a written form where students should answer to questions based on the lectures, slides and their understating and analysis from the content of the course.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature review on self-organizing networks (2,5 ECTS) The exercise of this course includes a literature review research project where students work individually on a relevant topic. The steps to accomplish the research project are as follows: A. Select a topic relevant to self-organizing networks and register it by email B. Search for the relevant papers and make a list of papers C. Study the papers and prepare a summary D. Present the outcomes

1	Module name 47658	Seminar: Digital Pathology and Deep Learning	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Digital Pathology and Deep Learning (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Katharina Breininger Prof. Dr. Samir Jabari	

4	Module coordinator	Katharina Breininger	
5	Contents	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. 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. List of topics: • Staining and special stains (including immunohistochemistry, enzyme-based dyes and tissue microarrays) • Current computational pathology • Knowledge/Feature fusion into a diagnosis • Histopathology quality control • Data sets as limiting factor - limits of current data sets • Large scale / clinical grade solutions • Computational and augmented tumor grading • In vivo microstructural analysis • Big data in pathology (multi-omics) • Histology image registration • Staining differences and stain normalization • Transfer learning and domain adaptation • Explainable AI • Virtual staining • Digital workflow in Germany vs. the world • Limits of digital pathology	
6	Learning objectives and skills	Students will be able to • perform their own literature research on a given subject • independently research this subject • present and introduce the subject to their student peers	

		• give a scientific talk in English according to international conference standards
7	Prerequisites	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	Integration in curriculum	Semester: 3
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Seminarleistung (30 Minuten)
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44455	Speech and Language Processing	5 ECTS
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 Abner Hernandez	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier Prof. Seung Hee Yang
5	Contents	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. Schwerpunkthemen sind Merkmalgewinnung, Vektorquantisierung, akustische Sprachmodellierung mit Hilfe von Markovmodellen, linguistische Sprachmodellierung mit Hilfe stochastischer Grammatiken, prosodische Information sowie Suchalgorithmen zur Beschleunigung des Dekodiervorgangs. 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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Grundlagen der menschlichen Sprachproduktion und die akustischen Eigenschaften unterschiedlicher Phonemklassen • erklären den allgemeinen Aufbau eines Mustererkennungssystems • verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung in Bezug auf Sprachsignale • verstehen die Fourier-Transformation und mathematische Modelle der Sprachproduktion

		• verstehen harte und weiche Vektorquantisierungsmethoden • verstehen unüberwachtes Lernen (EM-Algorithmus) • verstehen Hidden Markov-Modelle (HMMs) • erklären stochastische Sprachmodelle The students • understand the principles of human speech production and acoustic properties of the different phoneme classes • explain the general pipeline of a pattern recognition system • understand sampling, the sampling theorem, and quantization w.r.t. speech signals • understand Fourier transformation and mathematical models of speech production • understand hard and soft vector quantization methods • understand unsupervised learning (EM-algorithm) • understand Hidden Markov Models (HMMs) • explain stochastic language models
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Niemann H.: Klassifikation von Mustern; Springer, Berlin 1983 • Niemann H.: Pattern Analysis and Understanding; Springer, Berlin 1990 • Schukat-Talamazzini E.G.: Automatische Spracherkennung; Vieweg, Wiesbaden 1995 • ◦ Rabiner L.R., Juang B.H.: Fundamentals of Speech Recognition; Prentice Hall, New Jersey 1993

1	Module name 542026	Design-for-Test	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Testfreundlicher Schaltungsentwurf (Design-for-Test) (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Jürgen Alt	

4	Module coordinator	Dr. Jürgen Alt Peter Meisel
5	Contents	Diese Vorlesung vermittelt die Grundlagen des Testfreundlichen Schaltungsentwurfs (Design-for-Test). Schwerpunkte hierbei sind digitale Schaltungselemente mit detaillierten Darstellungen zu: • Fehlermodellierung • Prüfbus (Scan Design) • Eingebauter Selbsttest (Built-In Self-Test) • Allgemeine Testbarkeitsprobleme Als generelle Prinzipien, die auch für andere technische Disziplinen gültig sind, werden im Rahmen der Vorlesung herausgearbeitet: • Komplexität und ihre Beherrschung • Strukturierte und funktionsorientierte Methoden • Optimierungen im Entwicklungsprozess und ihre Abhängigkeit von Marktsegmenten
6	Learning objectives and skills	Verstehen • Die Studierenden verstehen die wirtschaftliche Bedeutung von Test und Testbarkeit • Die Studierenden erlernen die grundlegenden Schaltungen und Methoden zum testfreundlichen Schaltungsentwurf Analysieren • Die Studierenden charakterisieren in Systemstudien die jeweils eingesetzten Testmethoden • Die Studierenden erklären die Vorgehensweise beim Test von Analog- und Hochfrequenzmodulen • Die Studierenden erschließen den Einfluss der Komplexität auf die Lösung technischer Probleme Evaluieren (Beurteilen) • Die Studierenden beurteilen die Bedeutung von Standards an Beispielen • Die Studierenden vergleichen notwendige Optimierungen im Entwicklungsprozess in Abhängigkeit von Marktsegmenten
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich Dauer (in Minuten): 30

		weitere Erläuterungen: - mündliche Prüfung - Auf Wunsch der Studierenden kann als Prüfungssprache auch Englisch gewählt werden. Es werden nach Möglichkeit noch folgende Prüfungsformen angeboten: - mündliche Prüfung/Vortrag über ZOOM oder MS Teams - Klausur mit Videoaufsicht Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 92280	Verifikation digitaler Systeme	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übung zur Verifikation digitaler Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verifikation digitaler Systeme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Oliver Keszöcze	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Oliver Keszöcze
5	Contents	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: 1. ein geeignetes Modell des zu verifizierenden Systems 2. eine Sprache zur Formulierung der zu verifizierenden Eigenschaften 3. eine Beweismethode. 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: 1. Modellierung digitaler Systeme 2. Unterschiede formaler und simulationsbasierter Verifikationsmethoden 3. Äquivalenzvergleich 4. Formale und simulationsbasierte Eigenschaftsprüfung 5. Assertions 6. Verifikation arithmetischer Schaltungen
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz -- Verstehen • Die Studierenden erläutern die wesentlichen Techniken zur Verifikation digitaler Systeme, zeigen deren Vor- und Nachteile

		auf und vergleichen diese bezüglich Ihrer Mächtigkeit und Komplexität. Fachkompetenz -- Anwenden • Die Studierenden wenden Modellierungstechniken aus den Bereichen der Binären Entscheidungsdiagramme inkl. bekannter Erweiterungen (MDD, etc.) sowie der SAT-Löser auf Systembeschreibungen an. • Die Studierenden Verifikationstechniken aus den Bereichen der formalen Äquivalenz- und Eigenschaftsprüfung (Model Checking, Symbolic Model Checking, Bounded Model Checking) auf Systembeschreibungen an.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 202041	Lecture and tutorial: Virtual machines	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Virtuelle Maschinen - Übungen (2 SWS) Vorlesung: Virtuelle Maschinen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Volkmar Sieh	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Volkmar Sieh
5	Contents	Vorgestellt werden verschiedene Virtualisierungs-Ansätze: • Emulation • Just-In-Time-Compiler • Para-Virtualisierung • Bibliotheks-basierte Virtualisierung • OS-Virtualisierung
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • erläutern verschiedene Motivationen für den Einsatz von VMs • unterscheiden verschiedene VMs • klassifizieren verschiedene Ziele unterschiedlicher VMs (z.B. Performance, Konfigurierbarkeit, Genauigkeit, ...) • hinterfragen verschiedene Simulationansätze für MMUs • erstellen virtuelle Komponenten und Busse • strukturieren Callbacks und entsprechendes Forwarding und Caching • unterscheiden zwischen Architektur, Chip und Komponente • klassifizieren unterschiedliche Just-In-Time-Compiler-Ansätze • erzeugen JIT Code aus vorgefertigten Code-Teilen • bewerten unterschiedliche JIT-Code-Optimierungen • erläutern Probleme bei der JIT-Code-Invalidierung • nennen JIT Probleme mit Exceptions/Interrupts sowie berechnete Sprünge und Return-Instruktionen • unterscheiden verschiedene JIT Cache-Verwaltungen • beschreiben Möglichkeiten der Fehlerinjektion durch VMs • entwickeln ein an JIT angepasstes virtuelles "Hardware"-Design • erläutern die Java-VM Instruktionssatz-Architektur • nutzen Hardware-basierte Virtualisierung • entwickeln Verfahren zum Ausfiltern bestimmter Befehle • erläutern Probleme der Speicherverwaltung bei HW-basierter Virtualisierung • nutzen User-Mode-Emulation zur Paravirtualisierung • diskutieren Möglichkeiten von Debuggern für die Umleitung von System-Calls und die Ausfilterung von Befehlen • nutzen einen Hypervisor zur Paravirtualisierung • unterscheiden verschiedene Ansätze zur Geräteverwaltung in paravirtualisierten Systemen • erläutern Betriebssystem-basierte Virtualisierung • entwickeln unterschiedliche Bibliotheks-basierte Virtualisierungen

		• erläutern Probleme beim Speicher-Layout bei Bibliotheks-basierte Virtualisierung • konzipieren Personalities für Bibliotheks-basierte Virtualisierungen • beurteilen Probleme bei der korrekten Zeit-Simulation • nennen Ideen für die dynamische Anpassung der Zeit-Simulation • klassifizieren bekannte VMs (z.B. VICE, FAUmachine, QEMU, Bochs, JVM, KVM, User-Mode-Linux, Xen, VServer, Wine) • diskutieren in der Gruppe Vor- und Nachteile von bestimmten VM-Ansätzen • untersuchen CPU-Emulationen • untersuchen Geräte-Emulationen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 462793	Lecture, tutorial and laboratory: Virtual machines	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Virtuelle Maschinen - Erweiterte Übungen (2 SWS) Übung: Virtuelle Maschinen - Übungen (2 SWS) Vorlesung: Virtuelle Maschinen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Volkmar Sieh	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Volkmar Sieh
5	Contents	Vorgestellt werden verschiedene Virtualisierungs-Ansätze: • Emulation • Just-In-Time-Compiler • Para-Virtualisierung • Bibliotheks-basierte Virtualisierung • OS-Virtualisierung
6	Learning objectives and skills	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • erläutern verschiedene Motivationen für den Einsatz von VMs • unterscheiden verschiedene VMs • klassifizieren verschiedene Ziele unterschiedlicher VMs (z.B. Performance, Konfigurierbarkeit, Genauigkeit, ...) • hinterfragen verschiedene Simulationansätze für MMUs • erstellen virtuelle Komponenten und Busse • strukturieren Callbacks und entsprechendes Forwarding und Caching • unterscheiden zwischen Architektur, Chip und Komponente • klassifizieren unterschiedliche Just-In-Time-Compiler-Ansätze • erzeugen JIT Code aus vorgefertigten Code-Teilen • bewerten unterschiedliche JIT-Code-Optimierungen • erläutern Probleme bei der JIT-Code-Invalidierung • nennen JIT Probleme mit Exceptions/Interrupts sowie berechnete Sprünge und Return-Instruktionen • unterscheiden verschiedene JIT Cache-Verwaltungen • beschreiben Möglichkeiten der Fehlerinjektion durch VMs • entwickeln ein an JIT angepasstes virtuelles "Hardware"-Design • erläutern die Java-VM Instruktionssatz-Architektur • nutzen Hardware-basierte Virtualisierung • entwickeln Verfahren zum Ausfiltern bestimmter Befehle • erläutern Probleme der Speicherverwaltung bei HW-basierter Virtualisierung • nutzen User-Mode-Emulation zur Paravirtualisierung • diskutieren Möglichkeiten von Debuggern für die Umleitung von System-Calls und die Ausfilterung von Befehlen • nutzen einen Hypervisor zur Paravirtualisierung • unterscheiden verschiedene Ansätze zur Geräteverwaltung in paravirtualisierten Systemen

		• erläutern Betriebssystem-basierte Virtualisierung • entwickeln unterschiedliche Bibliotheks-basierte Virtualisierungen • erläutern Probleme beim Speicher-Layout bei Bibliotheks-basierte Virtualisierung • konzipieren Personalities für Bibliotheks-basierte Virtualisierungen • beurteilen Probleme bei der korrekten Zeit-Simulation • nennen Ideen für die dynamische Anpassung der Zeit-Simulation • klassifizieren bekannte VMs (z.B. VICE, FAUmachine, QEMU, Bochs, JVM, KVM, User-Mode-Linux, Xen, VServer, Wine) • diskutieren in der Gruppe Vor- und Nachteile von bestimmten VM-Ansätzen • entwickeln selbst CPU-Emulationen • entwickeln selbst Geräte-Emulationen • verteilen Implementierungsaufgaben in ihrer Gruppe • erstellen Zeitpläne für Implementierungen für sich und ihre Gruppe
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

Elective modules

1	Module name 93172	AI-enabled Wireless Networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: AI-enabled wireless networks (2 SWS) Übung: Literature review on the application of machine learning in wireless networks (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi
5	Contents	This course introduces machine learning algorithms such as supervised, unsupervised, reinforcement, deep, and federated learning and their application in the next generation wireless and mobile networks. Different ML use cases are explained which solve problems in different layers of the protocol stack from the physical layer to the application layer. The course includes the following topics: 1.Introduction to machine learning algorithms 2.Python programming language and its ML tools 3.AI-enabled wireless and mobile networks 3.1Cellular networks and ML use cases 3.1.1History of 2G to 4G, 5G and 6G vision 3.1.2ML use cases in physical, MAC and higher layers 3.25G-V2X (cellular-V2X) and ML use cases 3.2.1Sidelink communication as the key enabler 3.2.25G-V2X features and use cases 3.2.3ML use cases in 5G-V2X 3.3Intelligent wireless networks 3.3.1Cognitive radio networks 3.3.2ML use case in wireless networks 4.Standardization activities on AI-enabled wireless networks 4.1.13GPP and 5GAA 4.1.2ETSI Zero touch networks

		Exercises: Literature review on the application of machine learning in wireless networks The exercise of this course includes a literature review research project where students work individually on a relevant topic. The steps to accomplish the research project are as follows: A. Select a topic relevant to the application of ML in wireless networks and register it by email B. Search for the relevant papers and make a list of papers C. Study the papers and prepare a summary D. Present the outcomes Each student should present her/his research study in an intermediate and a final presentation. A summary paper should be written following the "survey papers guideline" using IEEE format. The grade of the research project will be considered as a "Bonus point" (up to 20%) for the final grade.
6	Learning objectives and skills	The students will be able to gain the following competencies after the successful completion of the course: • Have knowledge on machine learning algorithms, current and the next generation wireless and mobile networks and their use cases • To know how to develop machine learning algorithms in Python • Know the most important problems in wireless and mobile networks which can be solved by machine learning algorithms • Have an insight on the exiting work relevant to the topic of the course • Learn the procedure of a scientific research study and publication of the outcome
7	Prerequisites	*Motivation:* Rapid growth in the number of connected wireless nodes such as mobile phones, low power IoT devices, connected vehicles, etc. will expand the scale of the next generation of wireless and mobile networks. Moreover, the foreseen use cases like connected autonomous vehicles, smart homes and cities, ultra-fast and reliable industrial wireless networks, etc. will require ultra-low latency and highly reliable communication. Existing and traditional algorithms are not feasible for the optimization and management of such networks to fulfill the requirements of the emerging use cases due to their high complexity, high dynamicity, and the massive amount of the generated data by connected devices. Recently, artificial intelligence (AI) is planned to be utilized as a new paradigm for the

		design, development and optimization of the next generation wireless and mobile networks. Machine learning (ML) as a subset of AI will be applied to develop intelligent wireless nodes and infrastructures to address the demands of future use cases.
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot von EEI und Informatik Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Dahlman, Erik, Stefan Parkvall, and Johan Skold. 5G NR: The next generation wireless access technology. Academic Press, 2020. Sun, Yaohua, et al. "Application of machine learning in wireless networks: Key techniques and open issues." IEEE Communications Surveys & Tutorials 21.4 (2019): 3072-3108. Harounabadi, Mehdi, et al. "V2X in 3GPP Standardization: NR Sidelink in Release-16 and Beyond." IEEE Communications Standards Magazine 5.1 (2021): 12-21. Xie, Junfeng, et al. "A survey of machine learning techniques applied to software defined networking (SDN): Research issues and challenges." IEEE Communications Surveys & Tutorials 21.1 (2018): 393-430.

1	Module name 44522	Audio Processing for the Internet of Things	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Audio Processing for the Internet of Things (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Nils Peters Dr.-Ing. Stefan Turowski	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Nils Peters	
5	Contents	The course focuses on audio and speech processing algorithms within the context of the Internet of Things (IoT). • Foundation (history, components, current challenges) • Overview of relevant wireless protocols (bandwidth, range, latency, spectrum) • Audio device synchronization (NTP, PTP, device orchestration, acoustic wireless sensor networks, asynchronous and event-driven audio sampling) • Acoustic Sensing for Voice User Interfaces (keyword spotting, speech recognition, speaker verification, anti-spoofing) • Acoustic Scene Detection (event detection, scene classification, anomaly detection, sound tagging, blind reverb estimation) • Sound Creation (text-to-speech, sound generative networks) • Data-over-sound (sound-beacon, watermarking, acoustic fingerprint) • Privacy in IoT (edge vs. cloud processing, secure signal processing, federated learning, differential privacy, audio encryption)	
6	Learning objectives and skills	The students will be able to • understand the principles, key components, and current in IoT • know the differences between various wireless transmission protocols and can give recommendations based on the IoT use case • understand the differences of edge- and cloud-based audio signal processing • understand algorithmic strategies to enhance privacy in IoT use cases • understand the algorithmic components in a voice user interface • understand state-of-the art methods for detection and classification of acoustic scenes and events • learn and apply algorithms to transmit data via acoustic signals • quantify the impact of latency in audio networks and apply strategies for acoustic device synchronization	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191	

10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Recommendations for each topic are given during the lectures

1	Module name 47662	Becoming an Innovative Engineer	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Becoming an innovative engineer (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Marlies Nitschke	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier Marlies Nitschke
5	Contents	The online course "Becoming an innovative engineer will complement the technical knowledge which you gained in other courses. It therefore gives you a broad overview about various topics and empowers you to make use of your technical background to become an innovative engineer. The course comprises seven topics to fulfill the learning objectives described below: 1) Empowerment and Teamwork: Theory of enterprise content management which is fundamental for successful teamwork. 2) Organizational Creativity: Individual creativity, team creativity, and organizational creativity since innovation requires creativity. 3) Business Design: Insights into what must be considered when founding a business. 4) Prototyping: Basics of prototyping as it is key for fast and efficient development. 5) Agile Development: Agile development methods empowering them to manage their development workflow. 6) Source Control via Git: How source code can be efficiently controlled using git. 7) Testing of Software Systems: Fundamentals and principles of software testing which is necessary for every successful software product. This course is a shared online course of the [HMDA] https://www.masterhmda.eu/ partner universities and was created at the FAU with support of [EIT Health] https://eithealth.eu/.
6	Learning objectives and skills	After completing this module, students will be able to • work successfully in a team. • to create innovative ideas. • explain what is important for a successful business. • efficiently realize software ideas.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (60 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)

12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96312	Image, video and multidimensional signal processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Bild-, Video- und mehrdimensionale Signalverarbeitung (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	*Punktoperationen* Histogrammausgleich, Gamma-Korrektur *Binäroperationen* Morphologische Filter, Erosion, Dilatation, Opening, Closing *Farbräume* Trichromat, RGB- Farbraum, HSV-Farbraum *Mehrdimensionale Signale und Systeme* Theorie mehrdimensionaler Signale und Systeme, Impulsantwort, lineare Bildfilterung, Leistungsspektrum, Wiener Filter *Interpolation von Bildsignalen* Bilineare Interpolation, Bicubische Interpolation, Spline Interpolation *Merkmalsdetektion in Bildern* Bildmerkmale, Kantendetektion, Hough Transformation, Harris Ecken Detektor, Texturmerkmale, Grauwertematrix *Skalierungsraumdarstellung* LoG, DoG, SIFT, SURF *Bildabgleich* Projektive Abbildungen, Blockabgleich, Optischer Fluss, Merkmalsbasierter Abgleich mittels SIFT und SURF, RANSAC *Bildsegmentierung* Amplituden Schwellenwertermittlung, K-Means Clustering, Bayes Klassifikation, Regionen-basierte Segmentierung, kombinierte Segmentierung und Bewegungsschätzung, zeitliche Segmentierung von Videos

Bildverarbeitung im Transformationsbereich

Unitäre Transformation, Karhunen-Loeve Transformation, separable Transformationen, Haar und Hadamard Transformation, DFT, DCT

Content:

Point operations

Histogram equalization, gamma correction

Binary operations

Morphological filters, erosion, dilation, opening, closing

Color spaces

Trichromacy, red-green-blue color spaces, color representation using hue, saturation and value of intensity

Multidimensional signals and systems

Theory of multidimensional signals and systems, impulse response, linear image filtering, power spectrum, Wiener filtering

Interpolation of image signals

Bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation, spline interpolation

Image feature detection

Image features, edge detection, Hough transform, Harris corner detector, texture features, co-occurrence matrix

Scale space representation

Laplacian of Gaussian, difference of Gaussian, scale invariant feature transform, speeded-up robust feature transform

Image matching

Projective transforms, block matching, optical flow, feature-based matching using SIFT and SURF, random sample consensus algorithm

Image segmentation

Amplitude thresholding, k-means clustering, Bayes classification, region-based segmentation, combined segmentation and motion estimation, temporal segmentation of video

		Transform domain image processing Unitary transform, Karhunen-Loeve transform, separable transform, Haar and Hadamard transform, DFT, DCT
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen Punktoperationen an Bilddaten und Gamma-Korrektur • testen die Wirkung von Rangordnungs- und Medianfiltern an Bilddaten • unterscheiden und bewerten verschiedene Farbräume für Bilddaten • erklären das Prinzip der zwei-dimensionalen linearen Filterung für Bildsignale • berechnen und bewerten die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte eines Bildsignales • bestimmen vergrößerte diskrete Bildsignale mit Methoden der bilinearen und Spline-Interpolation • überprüfen Bilddaten auf ausgewählte Textur-, Kanten- und Bewegungsmerkmale • analysieren Bild- und Videodaten auf Merkmale in unterschiedlichen Scale-Spaces • erläutern und beurteilen Methoden für das Matching von Bilddaten • segmentieren Bilddaten durch Programmierung von einfachen Klassifikations- oder Clustering-Verfahren • verstehen das Prinzip von Transformation auf Bilddaten und können diese an Beispielen anwenden. The students • understand point operations for image data and gamma correction • test the effects of rank order and median filters for image data • evaluate and differentiate between different color spaces for image data • explain the principle of two-dimensional linear filtering for image signals • calculate and evaluate the two-dimensional discrete Fourier transform of an image signal • determine enlarged discrete image signals by bi-linear and spline interpolation • verify image data for selected texture, edge and motion features • analyze image and video data for features in different scale spaces • explain and evaluate methods for the matching of image data

		• segment image data by implementing basic classification and clustering methods • understand the principle of transformations on image data and apply them exemplarily
7	Prerequisites	Vorlesung Signale und Systeme I und II
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	J.-R. Ohm: [Multimedia Content Analysis], Springer, 2016 J. W. Woods: [Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding], Academic Press, 2nd edition, 2012

1	Module name 816185	Body area communications	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Body Area Communications (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Benedict Scheiner	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Contents: The Lecture and exercise deals with the following topics: • Introduction to Body Area Communications • Electromagnetic Characteristics of Human Body • Electromagnetic Analysis Methods • Body Area Channel Modeling • Modulation/Demodulation • Body Area Communication Performance • Electromagnetic Compatibility Consideration
6	Learning objectives and skills	Learning objectives • Students understand the challenges in designing Body Area Communication (BAC) systems • Students can conduct basic design decisions with BAC systems, like frequency and modulation selection • Students understand electromagnetic wave propagation in bodies • Students understand the frequency dependent loss and propagation behavior of electromagnetic waves • Students can analyze the communication performance of a BAC system • Students can evaluate Electromagnetic Compatibility of a BAC system • Students can assess the field strength inside body and relate it to regulatory limits like SAR (Specific Absorption rate), frequency dependent maximum electrical and magnetic field strength • Students can sketch block diagrams of BAC systems • Students can derive channel models for BAC
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch

16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 700506	Communications systems design	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Communications Systems Design (2 SWS) Praktikum: Praktikum Communications Systems Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller Arslan Ali Arslan Ali Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller	

4	Module coordinator	Arslan Ali Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Learning based on LabVIEW communications and NI USRP: Introduction to USRP including hardware blocks of Tx/Rx chains Getting familiar with LabVIEW communications environment and controlling VIs (Panel, diagram, etc.) and fundamentals of LabVIEW programming: data types, arrays, flow control (for/while loop), clusters, case structures, signal sources, sinks, signal processing tools, filters, time/ frequency domain analysis, etc. Transmission and reception of analog modulation schemes: AM/DSB-SC and FM Implementation of digital modulation schemes: ASK, FSK, BPSK, QPSK, 16-QAM, etc. Digital Tx/Rx: symbol mapping, upsampling/downsampling, pulse shaping (rectangular, Gaussian, RRC), matched filtering, pulse alignment, synchronization, and detection Phase synchronization, FDM and image rejection algorithm Eye diagram analysis: ISI, clock jitter, optimal sampling time, detection threshold Power control for over-the-air transmission in sub-6 GHz ISM bands and analysis on fading and multipath propagation effects Channel estimation, equalization (decision directed, linear LS, adaptive LMS), modelling: coherence bandwidth and propagation delay

		Learning based on MATLAB and USRPs (Communications toolbox and SDR support packages): OFDM Tx/Rx with frequency domain equalization (FDE) and synchronization (training sequence and frame detection) LTE downlink transmission (MIMO) including system information blocks (SIB) and spectrum analysis including estimation/calibration of carrier frequency offset (CFO) Impairments/distortion analysis: ACPR, EVM tool: IQ offset errors, phase noise, PA nonlinearity, etc. Learning based on GNU Radio and RTL-SDR: Introduction to GNU Radio with RF prototyping demonstration Spectrum analyzer implementation: RBW, VBW, sweep time, and phase noise Small Project/assignment for students
6	Learning objectives and skills	Students Can bridge the gap between communications theory, analog/digital baseband, and RF design Can develop quick and flexible prototypes for real-time communications systems and standards using SDR solutions Can determine the design parameters and assess the interaction between various analog and digital parts Can create efficient Tx/Rx programs and signal processing algorithms in LabVIEW, MATLAB, and GNU Radio Can implement channel estimation and equalization algorithms in TDD and FDD systems Can demonstrate MIMO and OFDM based systems like LTE and beyond Can quantify and evaluate system performance using EVM and impairments analysis
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)

12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 48447	Compressive Sensing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Compressive Sensing (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Ali Bereyhi	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	Contents	This lecture aims to provide a good background on the concept of compressive sensing and its applications in communications and signal processing. *Part I: Compressive Sensing from the Classical Viewpoint* In the first part, the classic problem of compressive sensing is explained. Important algorithms for sparse recovery in cases with noise-free underdetermined measurements are studied. These algorithms are then modified to address sparse recovery from noisy measurements. Once basic concepts and algorithms are studied, we start with typical analyses in compressive sensing. In this respect, the null space property, restricted isometry property (RIP) and the coherence of a matrix are introduced. Based on these definitions, the concept of recovery guarantee for a sparse recovery algorithm is explained. We then study important recovery guarantees and give some examples of detailed analyses. Finally, we give an introduction to compressive sensing via random matrices and present some key results in this respect. *Part II: Compressive Sensing from a Bayesian Viewpoint* In the second part of the course, we show that compressive sensing can be observed as a Bayesian inference problem. This new viewpoint lets us define the optimal recovery algorithm. We further show that well-known recovery algorithms such as LASSO are interpreted as sub-optimal Bayesian estimators. The key benefit of the Bayesian viewpoint is that it enables us to illustrate approximate message passing (AMP) algorithms: We start with the implementation of a sparse recovery algorithm via the sum-product algorithm and then explain how an AMP algorithm is derived from the sum-product algorithm. The detailed list of contents is as follows: • Introduction to Compressive Sensing • Part I: Compressive Sensing from the Classical Viewpoint • Zero-norm minimization • Basis pursuit • Iterative Algorithms • The method of regularized least-squares

		• Regularization options for sparse recovery • Dantzig selector • Null space property • Coherence of a matrix • Restricted isometry property • Some notes on random matrices • Generic form of a performance guarantee • Some examples of performance guarantee • Part II: Compressive Sensing from a Bayesian Viewpoint • Posterior distribution • Likelihood in a noisy setting • Sparse prior • Recovery algorithm with minimum mean squared error • Computational complexity of the optimal recovery algorithm • Mismatched prior of LASSO algorithm • Mismatched prior of zero-norm regularization • Implementing a Bayesian algorithm via message passing • Approximating a message passing algorithm for large problems • A sample approximate message passing algorithm
6	Learning objectives and skills	• The students understand the concept of sparse recovery. • The students apply sparse recovery to model problems in several applications, such as communication and signal processing systems and machine learning. • The students apply classic approaches to recover sparse signal samples from underdetermined observations. • The students implement most important recovery algorithms in compressive sensing, namely basis pursuit, orthogonal matching pursuit, Lasso and Dantzig algorithm. • The students understand how to regularize the method of least-squares in order to perform sparse recovery with it. • The students understand under which condition sparse recovery is successful. • The students understand important properties of sensing matrices, namely null space property, coherence of a matrix and restricted isometry property. • They apply the mentioned properties of sensing matrices to determine the effectiveness of a given sensing matrix. • The students understand the analysis of the success probability of a sparse recovery algorithm and the necessary and sufficient conditions for different algorithms. • The students derive the components of a typical sparse recovery algorithm in a Bayesian inference framework. • In the shadow of the Bayesian interpretation, the students understand the behaviour of different sparse recovery algorithms. • The students understand the theoretically optimal minimum mean square bound for compressive sensing. • The students apply the sum-product algorithm to implement a typical sparse recovery algorithm.

		- Starting from the sum-product algorithm, the students determine an approximate message passing algorithm via large-system analysis. - The students understand the state-evolution of the approximate message passing algorithm.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Resit examinations	The exams of this moduls can only be resit once.
14	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
15	Module duration	1 Semester
16	Teaching and examination language	Englisch
17	Bibliography	For the first part of the course, we mainly follow the discussions from -Foucart, Simon, and Holger Rauhut. A Mathematical Introduction to Compressive Sensing. Birkhäuser, NewYork, NY, 2013. For the second part, we collect discussions mainly from the following references: - Bereyhi, Ali. Statistical Mechanics of Regularized Least Squares. PhD Dissertation, Friedrich-Alexander University of Erlangen (2020). - Rangan, Sundeep, Alyson K. Fletcher, and Vivek K. Goyal. "Asymptotic analysis of MAP estimation via the replica method and applications to compressed sensing. IEEE Transactions on Information Theory 58, no. 3 (2012): 1902-1923. - Kschischang, Frank R., Brendan J. Frey, and H-A. Loeliger. "Factor graphs and the sum-product algorithm. IEEE Transactions on Information Theory 47, no. 2 (2001): 498-519. - Maleki, Arian. Approximate message passing algorithms for compressed sensing. PhD Dissertation, Stanford University (2011).

1	Module name 93173	Computational Visual Perception	7,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Computational Visual Perception (4 SWS) Projektseminar: Tutorials to Computational Visual Perception (2 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Egger Dr. Patrick Krauß Prof. Dr. Tim Weyrich Prof. Dr. Andreas Kist	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Egger Prof. Dr. Andreas Kist Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	Contents	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 (2-3 students) perform small projects to build prototypes for computational models for visual processing, reproduce recent scientific results or experiment with existing models. In parallel with the project phase we will read and discuss recent research papers studying potential computational models and investigate how we can evaluate computational models. Please sign up via studon	
6	Learning objectives and skills	By the end of this course, students will be able to • Describe the basic processing steps of visual input in the human brain • Build a computational model for a known processing step • Read a recent paper in the discipline and design a follow-up experiment • Choose/design and conduct a small research project • Choose adequate methods to evaluate a computational model • Work in and manage projects	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	

9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten) Übungsleistung
11	Grading procedure	mündlich (100%) Übungsleistung (0%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 90 h Independent study: 135 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 47677	Data Science Survival Skills	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Data Science Survival Skills (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Kist	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Kist
5	Contents	Data Scientists need a comprehensive toolbox for their work. This consists for example of data acquisition, data cleaning, data processing and data visualization. In this course, we highlight good practices and approaches, and provide intensive hands-on experience. In particular, this course covers: Data handling and storage Lossy and lossless data compression Data acquisition and API usage Data visualization in scientific figures and movies Data analysis platforms Multithreading and multiprocessing Code vectorization and just-in-time compilation Code profiling Prototyping Graphical User Interfaces Workflow optimization techniques
6	Learning objectives and skills	Students will be able to create own code for working with data can carry out research projects in data science can apply code optimization strategies can design own graphical user interfaces for convenient interaction with data can produce high-quality data visualization as needed for scientific publications
7	Prerequisites	It is recommended to have prior knowledge of the programming language Python (e.g. through GSProg or SciProgPy) and first exposure to data.

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Edward Tufte: The Visual Display of Quantitative Information Cole Nussbaum Knaflitz: Storytelling with data Wes McKinney: Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython Gabriele Lanaro: Python High Performance Micha Gorelick, Ian Ozsvald: High Performance Python Alan D Moore: Mastering GUI Programming with Python

1	Module name 93123	Data Structure Engineering	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Data Structure Engineering (2 SWS) Übung: Übungen zu Data Structure Engineering (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Cécile Astor Prof. Dr. Viktor Leis	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Viktor Leis
5	Contents	Data structures are often crucial for overall performance. On modern hardware a low asymptotic complexity does not guarantee good performance. To achieve good performance in practice, one must also take features of today's processors, such as caches and the abundant parallelism, into account when designing and implementing data structures. This course teaches principles for engineering of high-performance data structures on modern hardware. It first introduces the necessary hardware background, before studying different variants of data structures such as hash tables, search trees, and tries. Finally, a number of synchronization protocols for concurrent access are presented.
6	Learning objectives and skills	Students can implement efficient data structures. They are capable of designing custom, domain-specific data structure variants and of synchronizing them for multi-core processors in a scalable fashion.
7	Prerequisites	• Vorlesung Algorithmen und Datenstrukturen • Vorlesung Systemprogrammierung • gute Programmierkenntnisse in C oder C++
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 66000	Experimental physics for EECE I	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zur Experimentalphysik für Elektro- und Medizintechniker I (1 SWS) Vorlesung: Experimentalphysik für Elektro- und Medizintechniker I (3 SWS)	- -
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Hensel	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Hensel
5	Contents	*Inhaltsangabe für beide Semester* • Physikalische Größen und Messungen • Mechanik: Mechanik von Massenpunkten, Newtonsche Axiome, Energie und Arbeit, Impuls, Teilchensysteme, Drehbewegungen, Mechanik deformierbarer Körper, Fluide • Schwingungen und Wellen • Thermodynamik: Temperatur und der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik, kinetische Gastheorie, Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik, Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Wärmeübertragung • Optik: Eigenschaften des Lichts, Geometrische Optik, Interferenz und Beugung • Auswahl von Themen der Modernen Physik: Quantenmechanik und Atomphysik, Kernphysik, Physik der kondensierten Materie
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären die Grundlagen der Experimentalphysik aus den Bereichen der Mechanik, Schwingungen und Wellen, Thermodynamik, Optik sowie von ausgewählten Themen der Modernen Physik • setzen die Vorlesungsinhalte mit Hilfe thematisch passender Übungsaufgaben praktisch um.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	schriftlich (90 Minuten)
11	Grading procedure	schriftlich (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	P.A. Tipler, "Physik", Spektrum Akad. Verlag D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Physik", Wiley-VCH

		F. Kuypers, "Physik für Ingenieure und Naturwissenschaftler", Wiley-VCH D. Mills, "Bachelor-Trainer Physik" Spektrum Akad. Verlag

1	Module name 66010	Experimental physics for EECE II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Experimentalphysik für Medizin- und Elektrotechniker II (3 SWS)	4 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Bernhard Hensel	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Bernhard Hensel apl.Prof.Dr. Jürgen Ristein	
5	Contents	*Inhaltsangabe für beide Semester* • Physikalische Größen und Messungen • Mechanik: Mechanik von Massenpunkten, Newtonsche Axiome, Energie und Arbeit, Impuls, Teilchensysteme, Drehbewegungen, Mechanik deformierbarer Körper, Fluide • Schwingungen und Wellen • Thermodynamik: Temperatur und der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik, kinetische Gastheorie, Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik, Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Wärmeübertragung • Optik: Eigenschaften des Lichts, Geometrische Optik, Interferenz und Beugung • Auswahl von Themen der Modernen Physik: Quantenmechanik und Atomphysik, Kernphysik, Physik der kondensierten Materie	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erklären die Grundlagen der Experimentalphysik aus den Bereichen der Mechanik, Schwingungen und Wellen, Thermodynamik, Optik sowie von ausgewählten Themen der Modernen Physik • setzen die Vorlesungsinhalte mit Hilfe thematisch passender Übungsaufgaben praktisch um.	
7	Prerequisites	None	
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!	
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222	
10	Method of examination	schriftlich (90 Minuten)	
11	Grading procedure	schriftlich (100%)	
12	Module frequency	nur im Sommersemester	
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h	
14	Module duration	1 Semester	
15	Teaching and examination language	Deutsch	
16	Bibliography	P.A. Tipler, "Physik", Spektrum Akad. Verlag D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Physik", Wiley-VCH	

		F. Kuypers, "Physik für Ingenieure und Naturwissenschaftler", Wiley-VCH
		D. Mills, "Bachelor-Trainer Physik" Spektrum Akad. Verlag

1	Module name 716033	Fahrzeugkommunikation (Vorlesung mit Übung)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Fahrzeugkommunikation (2 SWS) Übung: Fahrzeugkommunikation Übungen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Kai-Steffen Hielscher
5	Contents	Die Bedeutung von Elektronik und Software ist in der Fahrzeugtechnik stark gestiegen, gleichzeitig stellen die komplexen Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie hohe Anforderungen an Berufseinsteiger. Absolventen benötigen daher zunehmend spezialisierte Kenntnisse aus den Themenbereichen Elektronik, Software und Vernetzung von Fahrzeugen. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde am Department Informatik ein spezieller Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" im Studiengang Informatik eingerichtet. Die Vorlesung Fahrzeugkommunikation" [FzK] ist in zwei Blöcke gegliedert: Zunächst führt die Vorlesung in die fahrzeuginterne Vernetzung ein, behandelt Vernetzungsarchitekturen, Bussysteme und Steuergeräte, Fahrerassistenzfunktionen, Multimedia und Systemarchitekturen. Den Abschluss bilden Betrachtungen zu Security und Safety in der fahrzeuginternen Vernetzung. Als zweiten Block gibt die Vorlesung einen Überblick über Themen der externen Kommunikation von und mit Fahrzeugen, behandelt Systemarchitekturen zur Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und mit Infrastruktur, Medienzugriffsverfahren verbreiteter Lösungen, Protokolle von Verkehrsinformationssystemen. Sie schließt wiederum mit Betrachtungen zu Safety und Security - erweitert um die in diesem Themengebiet besonders relevanten Fragestellungen rund um die Wahrung der Privatsphäre von Nutzern. Die Vorlesung wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnernetzwerken voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Auszug Interne Vernetzung: • Interne Steuerung: ECU-ECU, Safety • Bussysteme (CAN, LIN, FlexRay, MOST, ...) • HW-, SW- Architekturen von Steuergeräten • Security & Safety Auszug Externe Vernetzung • Car-2-X-Kommunikation • Topologien, Architekturen • Medienzugriff: Wifi, WAVE/DSRC • Safety Anwendungen

		• Security & Privacy
6	Learning objectives and skills	Das Modul wird für einen Abschluss mit Studienschwerpunkt Informatik in der Fahrzeugtechnik" anerkannt. Sie setzt Grundkenntnisse in Rechnerkommunikation voraus und richtet sich so schwerpunktmäßig an Studierende aus Informatik, IuK und CE ab dem 5. Semester. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden lernen die grundlegenden Mechanismen der internen und externen Fahrzeugkommunikation kennen. Sie können aktuelle und zukünftige Anwendungen für Vernetzung im Fahrzeugbereich nennen. Verstehen Die Studierenden verstehen die grundlegenden Prinzipien der internen Bussysteme und können die Vorteile und Nachteile der wesentlichen Technologien in diesem Bereich erklären (CAN, FlexRay, MOST, ...). Ebenso können Sie die Probleme von mobilen Ad-Hoc-Netzen erklären und Lösungsansätze vergleichen (z.B. ETSI ITS-G5 und WAVE). Sie können wesentliche Anwendungen nach ihren Anforderungen bezüglich der Vernetzung klassifizieren. Anwenden In den Übungen werden die Erkenntnisse in praktischen Aufgaben angewendet. Analysieren Die Studierenden werden in die Lage versetzt, zukünftige Anwendungen bezüglich ihres Kommunikationsverhaltens zu analysieren. Evaluieren (Beurteilen) Dabei können Sie die zugrundeliegenden Mechanismen beurteilen und einschätzen, welche Vernetzungstechnologien diese Anforderungen am besten erfüllen. Unterstützt wird dies durch Simulationen der Netze an konkreten Beispielen, die die notwendigen Metriken zur Analyse liefern können. Erschaffen Die Studierenden entwickeln eigene Simulationen von Car2X-Netzen auf Basis realer Karten. Ebenso können die Studierenden Simulationsmodelle für interne Netze erstellen.
7	Prerequisites	Rechnerkommunikation
8	Integration in curriculum	Semester: 1

9	Module compatibility	Masterprüfung Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 47664	Fundamentals in Anatomy and Physiology for Engineers	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Fundamentals in Anatomy and Physiology for Engineers (4 SWS)	-
3	Lecturers	Benedikt Kleinsasser Prof.Dr.med. Friedrich Paulsen	

4	Module coordinator	apl.Prof.Dr. Michael Eichhorn
5	Contents	• Biological Systems • Trunk System • Nervous System • Respiration • Circulation • Heart • Digestion • Neuroscience • Functional cardiology • Advanced endoscopy • Advanced neuroimaging
6	Learning objectives and skills	Students are able to • describe relevant structures of the human anatomy and basic physiological processes • understand features of biological systems when applying optical technologies to them • describe exemplarily applications of optical technologies in medicine
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (90 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Gerard J. Tortora, Bryan Derrickson: Principles of Anatomy and Physiology:

1	Module name 275245	Heterogeneous computing architectures online	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Heterogene Rechnerarchitekturen Online (0 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	Contents	Whereas heterogeneous architectures and parallel computing has filled an academic niche in the past it has become now a commodity technique with the rising of multi-core processors and programmable graphic cards. Even FPGAs play a role hereby in a certain extent due to their increasing importance as accelerator hardware what is clearly observable in the scientific community. However, on one side parallel hardware like multi-core and GPUs are now available nearly for everybody and not only for a selected selection of people, who have access to a parallel supercomputer. On the other side the knowledge about programming of this commodity hardware, and we mean here in particular hardware-orientated programming in order to squeeze out all offered GFlops and TFlops of such hardware, is still missing as well as the knowledge about the architecture details. To overcome this lack we offer this course HETRON. The e-learning course HETRON for the exploitation of parallel and heterogeneous computer architectures) focuses on two main topics which are closely related to each other. This concerns on one side the benefits of using different kinds of multi-core processors and parallel architectures built-up on base of these multicore processors. These architectures differ among each other in the number and in the complexity of its single processing nodes. We distinguish between systems consisting

		of a large number of simpler, so called fine-grained, processor cores vs. systems consisting of a smaller number of more complex, so called coarse-grained, processor cores. On the other side we lay our focus on that we want to do with these different heterogeneous parallel architectures, namely the execution of parallel programs. Of course this requires the use of parallel programming languages and environments, like CUDA or OpenMP. However, besides these questions of using the right syntax and the right compiler switches to optimize a parallel program it is a pre-requisite to understand how parallel computing really works. This refers (i) to the comprehension which basic mechanisms of parallel computing exist, (ii) where are the limits of getting more performance with parallel computing and (iii) in what context stand these mechanisms to heterogeneous architectures. In other words it handles the question which architecture is the best one for a certain parallelization technique. To teach these three topics, is one main goal we pursuit with the course HETRON, and of course, this more fundamental basics of heterogeneous and parallel computing have to be proven by means of concrete application examples to deepen the acquired knowledge about heterogeneous architectures and parallel computing principles.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden verstehen die Notwendigkeit sowie grundlegende Anwendungsfälle für heterogene Rechnerarchitekturen. ...können den grundlegenden Aufbau und das Zusammenspiel der Komponenten heterogener Rechnerarchitekturen erklären. ...erläutern grundsätzliche Parallelisierungsprinzipien wie Amdahls Law, High-Performance- und High-Througput-Computing sowie Parallelisierungsstrategien.

		...können einfache Programme mit Hilfe der vermittelten Parallelisierungsprinzipien (Amdahls Law, High-Performance- und High-Throughput-Computing) analysieren und entsprechende Parallelisierungsstrategien entwickeln. ...erklären den Aufbau sowie Stärken und Schwächen von verschiedenen Architekturen wie CPUs, GPUs, Many-Core Prozessoren und FPGAs. ...implementieren ausgewählte Anwendungsbeispiele (SHA256 Algorithmus, Ising-Modell und Fast-Fourier-Transformation) auf oben genannte Architekturen. ...erforschen und bewerten verschiedener Parallelsierungstechniken in Abhängigkeit der Anwendung und der Architektur. ...erläutern die Grundlagen des Grid- und Cloud-Computings ...sind in der Lage parallele Berechnungen (SHA256) im Grid umzusetzen.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 47671	Interpretation and Analysis of Neural and Muscle Signals (BioSignalIS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Interpretation and Analysis of Neural and Muscle Signals (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Prof. Seung Hee Yang	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio Prof. Seung Hee Yang
5	Contents	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	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	No compulsory prerequisites.

		Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Seminarleistung Presentation and paper.
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%) Presentation: 50%, paper: 50%.
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	-Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD -Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 -Neural Engineering, Edited by Bin He - Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426 - Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller https://www.nature.com/articles/nrn3724 - <i>Speech and Language Processing</i>, 2nd Edition by Daniel Jurafsky and James Martin. Prentice Hall (2008).

		- <i>Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach (Signals and Communication Technology)</i>. 2015th Edition by Li Deng - Alday, Erick A. Perez, et al. "Classification of 12-lead ecgs: the physionet/computing in cardiology challenge 2020." <i>Physiological measurement</i> 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." <i>Neurodegenerative Disease Management</i> 10.3 (2020): 137-157. https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/nmt-2019-0037?casa_token=FLKpZKgV3WcAAAAA%3ApZ7cX9gMQL50cO0Z_sosJPfVQ_KIVjsvRWoaMITqRgXYkyP8N3KBmQotGPiYnOnj843qs7CWQ

1	Module name 95068	Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Machine Learning for Engineers II: Advanced Methods (0 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier	

4	Module coordinator	Thomas Altstidl Prof. Dr. Björn Eskofier
5	Contents	This is an advanced course with a focus on deep learning (DL) techniques that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers • Extended introduction into fundamental concepts of deep neural networks (DNN) • In-depth review of various optimization techniques for learning neural network parameters • Specification of several regularization techniques for neural networks • Theoretical understanding of application-specific neural network architectures (such as convolutional neural networks (CNN) for images and recurrent neural networks (RNN) for time series)
6	Learning objectives and skills	After successfully participating in this course, students should be able to • discuss advantages and disadvantages of different optimization techniques • design a suitable and promising neural network architecture and train it on existing data using Python and Keras • choose a suitable regularization technique in case of problems
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur (60 Minuten)
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012 2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009 3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016

1	Module name 95067	Machine Learning for Engineers - Introduction to Methods and Tools	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Machine Learning for Engineers I: Introduction to Methods and Tools (0 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke Prof. Dr. Nico Hanenkamp	

4	Module coordinator	Thomas Altstidl Prof. Dr. Björn Eskofier
5	Contents	This is an introductory course presenting fundamental algorithms of machine learning (ML) that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers • Introduction to Python programming in the field of data science • Review of typical task domains (such as regression, classification and dimensionality reduction) • Theoretical understanding of widely used machine learning methods (such as linear and logistic regression, support vector machines (SVM), principal component analysis (PCA) and deep neural networks (DNN)) • Practical application of these machine learning methods on engineering problems
6	Learning objectives and skills	After successfully participating in this course, students should be able to • independently recognize the task domain at hand for new applications • select a suitable and promising machine learning methodology based on their known theoretical properties • apply the chosen methodology to the given problem using Python
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012 2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009

	3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016

1	Module name 505241	Mainframe programming	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Mainframe Programmierung I (0 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Wind	

4	Module coordinator	Sebastian Wind
5	Contents	Der Begriff "Mainframe" bezeichnet grosse Rechenanlage, wie sie in der Wirtschaft für extrem grossen Anwendungen eingesetzt werden. Typische Branchen sind Banken und Versicherungen, aber auch Automobilhersteller und AI-Anwender. Der Online-Kurs soll nun die Möglichkeit eröffnen, Erfahrungen mit der Programmierung eines Mainframes zu sammeln. Dazu gehören die elementaren Programmieraufgaben wie editieren, übersetzen, binden, laden, ausführen und debuggen, die anhand von Beispielen in der Programmiersprache CoBOL geübt werden. Die Architektur der Mainframes werden sowohl aus Sicht der Rechnerarchitektur wie auch der Anwendersicht beleuchtet. Insbesondere werden die Virtualisierungsmöglichkeiten und die gängigen Betriebssysteme wie z/OS und Linux auf den Mainframes behandelt. Den Abschluss und Ausblick bildet die Datenhaltung und die Integration in die IT-Systemlandschaft. Inhalt: 0. Begrüßung und Einführung 1. CoBOL Programmierung 2. Einführung Mainframes 3. IBM Mainframe Architektur 4. z/OS 5. Anwendungsprogrammierung 6. Virtualisierung 7. Linux 8. Integration in die IT-Systemlandschaft
6	Learning objectives and skills	Folgende Kompetenzen werden von den Studierenden erlernt: Fachkompetenz

		Wissen Kenntnis der wesentlichen Begriffe der Mainframe Programmierung Kenntniss der Programmierparadigmen Identifizieren der Vor- und Nachteile des Einsatzes von Mainframes Verstehen Erläutern der Unterschiede zwischen konventioneller und kommerzieller Datenverarbeitung Skizzieren eines Mainframe-Einsatz-Szenarios Anwenden Anwendung der Programmierwerkzeuge für Mainframes Beherrschung der wichtigen Kommandos des Mainframe-OS Organisation der Daten Analysieren Analyse und Konzeption einer Mainframe-Anwendung Evaluieren (Beurteilen) Evaluation einer bestehenden Architektur bezüglich der wirtschaftlichen, technologischen und sozialen Aspekte
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Wird über StudOn zur Verfügung gestellt.

1	Module name 93182	Mainframe programming II	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung mit Übung: Mainframe Programmierung II (4 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Wind	

4	Module coordinator	Sebastian Wind
5	Contents	Aufbauend auf den Grundlagen der CoBOL-Programmierung und der Bedienung des zOS-Betriebssystems (aus dem Kurs Mainframe Programmierung I) werden nun komplexere Programmierkonstrukte und der Einsatz weiterer Werkzeuge behandelt. Zunächst werden neue Konstrukte zur Datenbehandlung in CoBOL vorgestellt, inkl. Zeichenketten und Dateibehandlung. JCL rundet dann den Programmierungsabschnitt ab. Die Datenhaltung geschieht entweder in Dateien oder in Datenbanken, weshalb sich ein Abschnitt über DB, SQL und die Verbindung zu JCL anschliesst. Ein Ausflug zu zLinux zeigt den Einsatz alternativer Betriebssysteme auf der z-Plattform. Die verschiedenen Varianten der Transaktionsverarbeitung stellt das darauf folgende Kapitel dar, u.a. CICS, Liberty, WebSphere, Message Queues, MQ und z/OS-Connect. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf aktuelle Trends, z.B. Blockchains.
6	Learning objectives and skills	Folgende Kompetenzen werden von den Studierenden erlernt: Fachkompetenz Analysieren Lernende können ein Problem aus dem Bereich Enterprise Computing in einzelne Teile zerlegen und so die Struktur des Problems verstehen. Sie können Widersprüche aufdecken, Zusammenhänge erkennen und Folgerungen ableiten und zwischen Fakten und Interpretationen unterscheiden. Lern- bzw. Methodenkompetenz Das Modul vermittelt sowohl Kompetenzen im selbstorganisierten Lernen, wie auch Erfahrungen mit einer multi-modalen Lernumgebung.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191

10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 0 h Independent study: 150 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Wird über StudOn verteilt.

1	Module name 858896	Modeling, optimization and simulation of energy systems	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (2 SWS) Vorlesung: Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lecturers	Marco Pruckner	

4	Module coordinator	Marco Pruckner
5	Contents	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. 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • unterscheiden Probleme und Herausforderungen, die mit dem Energieumstieg verbunden sind, • erfassen die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten computergestützter Planungsmethoden im Energiebereich, • analysieren verschiedene Problemstellungen und setzen Lösungen dafür um, • erlernen verschiedene Methoden der Datenanalyse, Optimierung und Simulation.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 47674	Movement Neuroscience: Connections between Brain and Muscles in Humans	5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Movement Neuroscience: Connections between the Brain and Muscles in Humans (3 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio
5	Contents	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. Module: Electrophysiology Generation of an action potential, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes. Module: Generation of EMG signals and analysis Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings. 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 Module: Simulation of muscle forces from the firing of individual motoneurons Motor unit model, HodgkinHuxley model, Muscle Properties Module: EMG signals in Neural Pathologies Parkinsons and Spinal Cord Injury, Motor unit analysis in neurodegenerative and neurotraumatic diseases. Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.
6	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	No compulsory prerequisites. Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel Oral examination
11	Grading procedure	Variabel (100%) Oral examination 100%
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 75 h Independent study: 75 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	- Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426 -Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD -Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 -Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina -Ibanez et al. 2021 J Neurosci https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2908-20.2021

1	Module name 92531	Quantenelektronik I - Quantentechnologien 1	5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Roland Nagy
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Verstehen grundlegende physikalische Zusammenhänge der Quantenmechanik verstehen. Anwenden quantenmechanische Effekte mit Hilfe von Berechnungen beschreiben. Analysieren Themen der Quantentechnologien selbstständig analysieren.
7	Prerequisites	Mathematik (1 - 4) und Experimentalphysik (1 & 2) sollten abgeschlossen sein.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch
16	Bibliography	Haken, Herrmann & Wolf, Hans Christoph (2004): Atom- und Quantenphysik

	• Nolting, Christoph (2009): Grundkurs Theoretische Physik 5/1: Quantenmechanik Grundlagen

1	Module name 93168	Query Processing on Modern Hardware	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Übungen zu Query Processing on Modern Hardware (2 SWS) Vorlesung: Query Processing on Modern Hardware (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Ahmad Adnan Alhomssi Prof. Dr. Viktor Leis	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Viktor Leis
5	Contents	The course teaches how to design and develop high-performance query engines. It covers database query processing methods and algorithms, SIMD instructions, parallelization on many-core processors, distributed query processing, and out-of-memory processing.
6	Learning objectives and skills	Students understand how query engines of modern database systems work. They can implement scalable and efficient algorithms for large-scale query processing and analytics.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96316	Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (RWS)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Radar, RFID and Wireless Sensor Systems Exercises (2 SWS) Vorlesung: Radar, RFID and Wireless Sensor Systems (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Christian Carlowitz Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Martin Vossiek
5	Contents	Radar, RFID and wireless sensor and wireless locating systems are essential for automotive advanced driver-assistance systems (ADAS), autonomous driving and flying, robotics, industrial automation, logistics and novel human machine interfaces. Further key areas include medical electronics, building technology and cyber-physical systems. The module "Radar, RFID and Wireless Sensors" is an introduction into functional principles, building blocks, hardware and signal processing concepts and applications of modern radar, RFID, wireless sensor and real time locating systems. Covered applications include automotive radar, road and air traffic control systems, as well as robotics, industrial automation and medical technology. RWS is an identical replacement of the former module "Drahtlose Sensoren, Radar- und RFID-Systeme DSR.
6	Learning objectives and skills	The students • learn about the setup, function and application of wireless sensors, Radar and RFID-systems • can analyze, discuss and implement basic components and system structures, signal theory, data processing and use cases • can determine the underlying physical limitations and sources of errors • are able to analyze and create system specifications and can compare and rate the usability of wireless esnsors, Radar and RFID-systems • can create and define independently applications and system designs of RWSs
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h

		Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Sensors for Ranging and Imaging", Graham Brooker, Scitech Publishing Inc., 2009 Radar mit realer und synthetischer Apertur", H. Klausing, W. Holpp, Oldenbourg, 1999 Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung" Albrecht K. Ludloff, 2008 "RFID at ultra and super high frequencies: theory and application Dominique Paret, John Wiley & Sons, 2009. RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC", Klaus Finkenzeller, Carl Hanser Verlag, 6. Auflage 2012.

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

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther
5	Contents	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. The lecture covers the following topics: • visualization design basics (data abstraction, visual encoding of information), • a review of scalar and vector calculus (differential properties, extremal and critical points), • data structures and data acquisition techniques (grids, interpolation, and differentiation), • indirect volume visualization (marching cubes and contour trees), • direct volume visualization (ray marching and Monte Carlo rendering), • elementary and line-based flow visualization (numerical integration, seeding, rendering), • surface-based flow visualization (integration, selection, rendering), • topology-based flow visualization (topological skeleton, bifurcations, feature flow fields), • feature-based flow visualization (vortices, material boundaries, Lagrangian coherent structures), • advanced methods (tensor visualization, uncertainty, ensembles)
6	Learning objectives and skills	Students are able to: • use perception basics to select appropriate visualization methods • classify data and select appropriate visualization techniques • calculate differential properties of scalar and vector fields • identify features in scalar and vector-valued data • implement numerical extraction algorithms • learn the advantages and disadvantages of common visualization techniques

7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 44521	Selected Topics of Deep Learning for Audio, Speech, and Music Processing	2,5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	mündlich (30 Minuten)
11	Grading procedure	mündlich (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 43960	Self-Organized Networks	5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Self-organized networks (Ex) (2 SWS) Vorlesung: Self-organized networks (2 SWS)	- -
3	Lecturers	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Mehdi Harounabadi
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	Self-organized networks (2,5 ECTS) Self-organization refers to processes in physical and biological systems which form patterns by interactions of internal parts of the system and/or their interactions with the environment without any form of external interventions. The resulting organization of systems in this case is fully decentralized and distributed over their parts. There are numerous examples of self-organizing systems e.g. flock of birds, neural learning, evolutionary computation, swarm of robots, and self-organizing networks. The principles of self-organization are applied in different communication technologies such as wired and wireless networks. Transport Control Protocol (TCP), Carrier Sense Multiple Access (CSMA), Adaptive Modulation and Coding (AMC) are some examples of self-organized protocols. Besides, Self-Organizing Network (SON) has been defined by 3GPP as the standardization organization of cellular networks. SON refers to the functionality of cellular systems (e.g. 4G and 5G) which enables the system to perform self-configuration, self-optimization and self-healing. Artificial intelligence and mostly machine learning algorithms play an important role in the implementation of SON. This course aims to give you an insight to the self-organization systems and specially self-organizing networks and illustrate the importance of AI and ML in their implementation. The content of this course includes: • ◦ Self-organizing features and protocols in communication networks ◦ In wired networks ◦ In wireless networks § IEEE 802.11 § Ad hoc and sensor networks § UAV networks ◦ Self-Organizing Networks (SON) in 4G and 5G § Self-configuration § Self-optimization § Self-healing Methods for implementation of self-organizing systems ◦ Bio-inspired methods ◦ Artificial intelligence The final exam is in a written form where students should answer to questions based on the lectures, slides and their understating and analysis from the content of the course.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191

		Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication Master of Science Information and Communication Technology 20191 Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Variabel
11	Grading procedure	Variabel (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Literature review on self-organizing networks (2,5 ECTS) The exercise of this course includes a literature review research project where students work individually on a relevant topic. The steps to accomplish the research project are as follows: A. Select a topic relevant to self-organizing networks and register it by email B. Search for the relevant papers and make a list of papers C. Study the papers and prepare a summary D. Present the outcomes

1	Module name 96833	Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Vorlesung: Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Jens Kirchner	

4	Module coordinator	Dr. Jens Kirchner
5	Contents	Die Lehrveranstaltung wendet sich an Studierende der Ingenieur- und Naturwissenschaften, die kurz vor Beginn einer Abschlussarbeit stehen, das erste Mal ein Seminar belegen und/oder eine erste Publikation erstellen wollen. Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken wissenschaftlichen Arbeitens und Publizierens ein. • Allgemeine Vorarbeiten • Einführung ins Projektmanagement • Wissenschaftliche Methodik • Recherche und Zitation wissenschaftlicher Quellen • Organisation von Informationen • Aufbereiten von Informationen • Wissenschaftliches Publizieren • Gliedern: Roter Faden und Balance • Wissenschaftlicher Stil • Einführung in LaTeX • Literaturverwaltung mit BibTeX & Co. • Erstellen und Halten von Präsentationen
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden sind mit den Grundlagen des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns vertraut. • Die Studierenden können für einfache Projekte wie eine Abschlussarbeit eine Aufgaben- und Zeitplanung erstellen. • Die Studierenden können für ein vorgegebenes Thema in fachspezifischen Literaturdatenbanken geeignete Veröffentlichungen recherchieren. • Die Studierenden können wissenschaftliche Daten als Tabelle oder Diagramm darstellen sowie Qualitätskriterien nennen und prüfen. • Die Studierenden kennen die typische Struktur wissenschaftlicher Artikel, Abschlussarbeiten und Präsentationen und können die Inhalte der entsprechenden Abschnitte beschreiben. • Die Studierenden können Unterschiede zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Texten erläutern und identifizieren. • Die Studierenden können Texte hinsichtlich Struktur, wissenschaftlichem Stil und Redundanzen analysieren und korrigieren. • Die Studierenden kennen den Begutachtungsprozess bei wissenschaftlichen Publikationen. • Die Studierenden können mit Hilfe von LaTeX ein Dokument erstellen und strukturieren sowie Daten in Tabellen- und Diagrammform darstellen.

		Die Studierenden können eine Literaturdatenbank im BibTeX-Format erstellen und Quellen in einem Dokument referenzieren.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Wahlmodule aus dem Angebot der Technischen Fakultät oder der Naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Information and Communication Technology 20191
10	Method of examination	Klausur
11	Grading procedure	Klausur (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

Placement or Research Project

1	Module name 894349	Audio processing laboratory	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Audio Processing Laboratory (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre Prof. Dr. Emanuel Habets Prof. Dr.-Ing. Bernd Edler Prof. Dr. Nils Peters Prof. Dr. Meinard Müller	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Meinard Müller
5	Contents	This lab course offers a general introduction to Python and possibly also to other languages (MATLAB, R, ...). In particular, functions, transforms, and algorithms that are important for analyzing and processing audio signals are covered. After a general part, the lab course will allow the participants to delve into a more specific application within audio and acoustic signal processing.
6	Learning objectives and skills	The goal of this lab course is to acquire a deeper understanding of audio processing techniques by experimenting with, modifying and extending existing code. Furthermore, programming skills in Python and possibly also in other languages (MATLAB, R, ...) are acquired. The students understand and implement computer programs for specific experiments described in the script accompanying the lab. They test and evaluate their programs by conducting a series of experiments within the field of audio signal processing. They understand the requirements of practical realizations, synthesize a solution for a given problem, and apply advanced disciplinary knowledge and skills in signal processing. The students evaluate and interpret results by applying various visualization techniques and statistical methods. They collaborate with fellow students, discuss their solutions, give feedback to each other, and reflect upon the underlying theory as well as implementation issues.
7	Prerequisites	This lab course requires a good understanding of basic principles in signal processing and some basic programming skills. Furthermore, it is beneficial to have some background in one of the more specific topics

		offered by the International Audio Laboratories Erlangen.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 97500	Laboratory: Digital ASIC design	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Digitaler ASIC-Entwurf (Blockpraktikum) (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Jürgen Frickel	

4	Module coordinator	Jürgen Frickel
5	Contents	In diesem Praktikum wird jeweils in Zweiergruppen eine komplexe digitale Schaltung für ein FPGA entworfen, Entwurfsziel sind hardware- und grafikorientierte Anwendungen, die ohne Prozessor/Software als reine Hardware-Lösung entwickelt und realisiert werden müssen. Hierzu müssen die Teilnehmer zu Beginn eine rudimentär vorgegebene Systemspezifikation analysieren, verbessern und verfeinern, eine Systemidee entwickeln, das geplante System partitionieren und auf Module aufteilen. Die angestrebten Lösungen werden in regelmässigen Kurzvorträgen mit der Gesamtgruppe diskutiert. Die in der Hardware-Beschreibungssprache VHDL entworfenen Module können dann mit Hilfe des Entwurfswerkzeugs (aktuell: XILINX Vivado) spezifiziert, simuliert, verifiziert und abschließend für die Ziel-Hardware synthetisiert werden. Hierbei ist außer der Schnittstellenproblematik zwischen den Modulen auch der Aspekt des simulations- und testfreundlichen Entwurfs zu beachten. Mit einer vorhandenen FPGA-Testumgebung (Evaluation/Education Board) wird der Funktions- und Systemtest auf realer Hardware durchgeführt. Nach der Verifikation und Zusammenschaltung aller Module erfolgt ein abschließender Funktionstest und Bewertung (Größe, Geschwindigkeit, Funktionsumfang, Effizienz, etc.) der Schaltung in Form einer Demonstration vor der Gesamtgruppe.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz Anwenden Die Studierenden setzen die vorab (in einer anderen LV) erlernte Hardware-Beschreibungssprache VHDL in ihrem vollen Umfang zur Spezifikation und Implementierung eines komplexen, digitalen Systems ein. Analysieren Die Studierenden analysieren ein nur rudimentär beschriebenes digitales mikroelektronisches System, untersuchen mögliche

		Lösungsansätze und strukturieren diese Lösungsansätze in handhabbare Module. Evaluieren (Beurteilen) Die Studierenden diskutieren und bewerten im Rahmen von Kurzvorträgen eigene und fremde Lösungsvorschläge zum Systementwurf, vergleichen diese nach eigenen Kriterien, und wählen dann hiermit die besten Lösungen zur Realisierung aus. Die Studierenden bewerten nach Fertigstellung des Systementwurfs nach verschiedenen Kriterien (Größe, Geschwindigkeit=längster Pfad, Performance, Ästhetik, Code-Qualität) ihre und die anderen Entwürfe. Erschaffen Wegen der sehr knappen Auslegung der gegebenen Spezifikation der Systembeschreibung konzipieren die Studierenden ganz eigene, individuelle Lösungen für die Funktionsmodule und das Gesamtsystem. Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erlernen die Methodik zur Transformation einer Systemidee in eine digitale Realisierung. Sozialkompetenz Studierende erlernen, Problemstellungen in Gruppenarbeit gemeinsam zu lösen. Die Studierenden erarbeiten ihre Lösungen in Zweiergruppen und erläutern bzw. verteidigen diese in Kurzvorträgen gegenüber der Gesamtgruppe.
7	Prerequisites	• Digitaltechnik (oder ähnliche Grundlagen-LV, z.B. TI-1) • V+Ü "Hardware-Beschreibungssprache VHDL" (oder andere gleichwertige LVen) • oder: nachgewiesene gute Kenntnisse/praktische Erfahrungen in VHDL, z.B. durch Praktikanten- oder Werkstudententätigkeit, intensives Eigenstudium, etc.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Frickel J.; Skript der LV "Hardware-Beschreibungssprache VHDL"

	Xilinx; Handbuch Xilinx Vivado Lehmann G.; Wunder B.; Selz M.: Schaltungsdesign mit VHDL. Poing Franzis 1994 Bleck Andreas: Praktikum des modernen VLSI-Entwurfs. Stuttgart Teubner 1996

1	Module name 97530	Laborpraktikum Eingebettete Mikrocontroller-Systeme (PEMSY)	2,5 ECTS
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	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	Contents	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 Lötaufbau 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.
6	Learning objectives and skills	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.

		Die Studierenden sind weiterhin nach der Veranstaltung in der Lage, eine Entwicklungsumgebung für Mikrocontroller anzuwenden, sie lernen folgende Aspekte zu verstehen: • Software-Entwicklung unter Linux • Erzeugung von lauffähigem Code auf einem Mikrocontroller • Übertragung von Binärcode zum Mikrocontroller Im Rahmen des Aufbaus zweier Platinen werden zusätzlich folgende Inhalte vermittelt: • Löten an bedrahteten Bauelementen • Aufbau von einer Programmieradapterschaltung • Aufbau von einer Entwicklungsplattform mit integriertem Mikrocontroller und LCD-Display • Systematische Fehlersuche 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: • Serielle synchrone Datenübertragung (SPI) • serielle asynchrone Datenübertragung (UART) • parallele bidirektionale Datenübertragung über einen Bus Weiterhin sind die Studierenden nach dem Praktikum in der Lage folgende Kommunikationsprotokolle anzuwenden: • Befehlssatz des LCD Controllers HD44780 • Befehlssatz eines ISM Funkmoduls
7	Prerequisites	• Die Beherrschung der Inhalte von Lehrveranstaltungen in einem ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium, die in die Grundlagen der Informatik und Elektrotechnik einführen • Kenntnisse in der Programmiersprache C • Grundverständnis von Booleschen Operationen • Englischkenntnisse • Deutschkenntnisse
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 2022
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Kernighan / Ritchie: The C Programming Language https://www.like.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/

1	Module name 97640	Laboratory course: Mobile communication	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Mobilkommunikation (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Adela Vagollari Yifei Wu Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker
5	Contents	Experiments • ◦ Characteristics of real mobile radio channels such as distortions and time variability ◦ models for mobile radio channels ◦ effects on the performance of a mobile radio system • ◦ Principles of different equalization methods ◦ equalizer design for GSM / EDGE ◦ simulation of trellis-based equalizers and visualization of the results • ◦ Principle of OFDM ◦ implementation-relevant aspects such as nonlinearities and peak-to-average-power ratio ◦ synchronization and equalization • MIMO Transmission (2 experiments) Versuche • ◦ Eigenschaften realer Mobilfunkkanäle wie Verzerrungen und Zeitvarianz, ◦ Modelle für Mobilfunkkanäle ◦ Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit eines Mobilfunksystems • ◦ Prinzipien verschiedener Entzerrverfahren ◦ Entzerrerdiseign für GSM/EDGE ◦ Simulation von trellisbasierten Entzerrern und Visualisierung der Ergebnisse • ◦ Prinzip von OFDM ◦ implementierungsrelevante Aspekte wie Nichtlinearitäten und Spitzenwertfaktor ◦ Synchronisation und Entzerrung

		• MIMO Übertragung (2 Versuche)
6	Learning objectives and skills	The students • describe the characteristics of real mobile radio channels, • explain the principles of OFDM and MIMO transmission systems, • implement equalization and adaptation procedures in Matlab, • perform radio network simulations, • learn to develop program code, • work together in a small team. Die Studierenden • charakterisieren die Eigenschaften realer Mobilfunkkanäle, • erklären die Funktionsweise von OFDM- und MIMO-Übertragungssystemen, • implementieren Entzerrungs- und Adaptionungsverfahren in Matlab, • führen Funknetzsimulationen durch, • erlernen Programmcode eingeständig zu entwickeln, • arbeiten zielorientiert in einem kleinen Team zusammen.
7	Prerequisites	Vorkenntnisse aus Vorlesungen zu Nachrichtenübertragung (Communications) und Systemtheorie (Signals and Systems); Inhalte des Moduls "Mobile Communications" sind erforderliche Voraussetzung für eine sinnvolle Teilnahme;
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 2022
10	Method of examination	• There are 8 experiments to be completed as well as an introduction to Matlab. These are described in the course materials. • Each experiment is to be prepared in writing at home. The preparation is checked and evaluated (sufficient/not sufficient) at the beginning of each experiment. • The results of each experiment are to be kept on the experimental computers during the execution of the experiment (programming tasks) and are checked at the end of the experiment (sufficient/not sufficient). Measurement results are to be documented in writing. • To pass the course, 8 sufficient experiment preparations and 8 sufficient experiment executions are required.

		• Es sind 8 Versuche sowie eine Einführung in Matlab zu absolvieren. Diese sind in den Kursunterlagen beschrieben. • Jeder Versuch ist zu Hause schriftlich vorzubereiten. Die Vorbereitung wird zu Beginn eines jeden Versuchs überprüft und bewertet (ausreichend/nicht ausreichend). • Die Ergebnisse eines jeden Versuchs sind während der Versuchsdurchführung auf den Versuchsrechnern vorzuhalten (Programmieraufgaben) und werden zum Abschluss des Versuchs überprüft (ausreichend/nicht ausreichend). Messergebnisse sind schriftlich zu dokumentieren. • Zum Bestehen des Praktikums sind 8 ausreichende Versuchsvorbereitungen und 8 ausreichende Versuchsdurchführungen notwendig.
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Skriptum zum Praktikum Mobilkommunikation

1	Module name 97720	Laboratory course: Systematic design with programmable logic devices (PLD)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum für systematischen Entwurf programmierbarer Logikbausteine (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Torsten Reißland	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	In diesem Praktikum wird eine Einführung in den systematischen Entwurf Programmierbarer Logikbausteine geben. Außerdem werden Grundkenntnisse in der Hardwarebeschreibungs- und Programmiersprache VHDL vermittelt. Auch alternative Eingabeformate, wie die Fuse-Map oder über Einfügen von Schaltplänen werden vorgestellt. Nach der Simulation werden die erstellten Programme auf realer Hardware, einem FPGA-Board, per In-System-Programmierung" getestet. Es besteht Anwesenheitspflicht.
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden erlangen grundlegende Kenntnisse in VHDL • Die Studierenden verstehen die der Hardware-Programmierung zu Grunde liegenden Systematik • Die Studierenden analysieren und vergleichen unterschiedliche Ansätze von Hardware-Beschreibungsmöglichkeiten • Die Studierenden vertiefen die Grundlagen der Digitaltechnik • Die Studierenden erlangen die Fähigkeit, einfache Problemstellungen systematisch in eine Hardwarebeschreibung umzusetzen
7	Prerequisites	Vorkenntnisse: Grundlagen digitaler Schaltungen
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Tietze/Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, Springer Verlag

1	Module name 182405	Laboratory architectures for digital signal processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Architekturen der digitalen Signalverarbeitung (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Christof Pfannenmüller	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	• Aufbau einer akustischen FSK Datenverbindung • Einführung in die VHDL Programmierung eines FPGAs • Erzeugung einer PRBS Sequenz • Effiziente Implementierung eines Sinusgenerators mit Hilfe des Cordic Algorithmus • Digitale Filterung • Demodulation/Detektion
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden erlangen Grundlagenkenntnisse in der Programmierung mit MATLAB und VHDL Die Studierenden sind in der Lage, eine digitales Datenübertragungssystem vom Sender bis zum Empfänger theoretisch zu konzeptionieren, in MATLAB zu simulieren und praktisch in VHDL auf einem FPGA umzusetzen Die Studierenden erhalten die theoretische und praktische Fähigkeit, digitale Signale zu definieren, zu verarbeiten, digitale Filter zu erzeugen und Signale mit diesen zu manipulieren Die Studierenden verstehen die Schnittstelle zwischen der digitalen und analogen Ebene und sind in der Lage, diese Schnittstellen auf einem FPGA Evaluation Board zu verwenden
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 194239	Lab course image and video processing on embedded platforms	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Laborpraktikum Bild- und Videosignalverarbeitung auf eingebetteten Plattformen (0 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	PD Dr.Ing. Jürgen Seiler Viktoria Heimann	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	Betrachtet man Anwendungen der Bild- und Videosignalverarbeitung stellt man fest, dass viele davon auf mobilen Plattformen ablaufen. Die dort verwendeten Systeme haben aber häufig nur eine reduzierte Leistungsfähigkeit und müssen besonders auf den Energieverbrauch achten. Nichtsdestotrotz sind aber auch einfache, mobile Systeme wie Smartphones oder Tablets in der Lage, anspruchsvolle Signalverarbeitungsaufgaben für Bild- und Videosignale durchzuführen. Dies umfasst zum Beispiel die Codierung von Bildern und Videos, aber auch die Erzeugung von Panoramen oder die Berechnung von Bildern mit hohem Dynamikumfang. Das Praktikum Bild- und Videosignalverarbeitung auf eingebetteten Plattformen" soll die Herausforderung, die mit einer Verarbeitung dieser Signale auf eingebetteten Plattformen einhergehen genauer vermitteln und es wird aufgezeigt, wie man selbst auf Plattformen mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit entsprechende Algorithmen umsetzen kann. Hierzu werden in dem Praktikum Raspberry Pis als Plattform verwendet und die Programmierung erfolgt in Python. Die Versuche umfassen den Aufbau und die Inbetriebnahme der eingebetteten Plattform, eine Einführung in Python und in die grundlegenden Prozesse der Bild- und Videosignalverarbeitung. Weitere Versuchsinhalte sind die Anbindung einer Kamera, Bildsignalverarbeitungsprozesse mit der Kamera und die Implementierung verschiedener digitaler Filter. Das Praktikum beinhaltet außerdem verschiedene Anwendungen computergestützten Sehens (Computer Vision). Die Detektion von Merkmalen und Objekten in Bildern und Videos werden einführend behandelt und aktuelle Computer Vision Anwendungen, wie die Erstellung eines Panoramas werden betrachtet. *Content*: Today, many image and video signal processing applications are running on embedded systems. However, the computational power and the energy storage is a limiting demand for embedded systems. Nevertheless, daily mobile devices like smartphone and tablet are able to perform signal processing tasks for image and video signals, for example coding of images and videos, the creation of a panorama or the calculation of images with high dynamic range.

		The image and video signal processing on embedded systems lab course should show the challenges that occur while handling with such mobile devices and the implementation of such algorithm on an embedded system. Therefore, Raspberry Pis as embedded systems and Python as coding language is used in the laboratory. The experiments include the setup of the Raspberry Pi, an introduction to Python and an introduction to image and video signal processing. In addition, a camera will be connected, signal processing will be done with the camera and digital filters are implemented. Moreover, the laboratory includes different computer vision applications like the creation of a panorama.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen die Herausforderungen von eingebetteten Plattformen • wenden die Programmiersprache Python für Bild- und Videosignalverarbeitungsalgorithmen an • erzeugen funktionsfähige Programme mit der Programmiersprache Python • beurteilen die Funktionsblöcke von Computer Vision-Algorithmen • bewerten die von ihnen erstellten Programme durch subjektive und objektive Vergleiche • reflektieren den Lernprozess während des Praktikums. The students • understand the challenges of the embedded system • make use of the coding language Python for image and video signal processing algorithms • implement functional programs with Python • evaluate the blocks of computer vision algorithms • evaluate the self-implemented programs by subjective and objective comparison • reflect the learning process in the laboratory.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 15 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	Das Skript zum Praktikum Image and video signal processing on embedded platforms" wird in der Einführungsveranstaltung ausgegeben.

		The laboratory script "Image and video signal processing on embedded platforms will be handed out in the first session."

1	Module name 92356	Praktikum Communications Systems Design	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Communications Systems Design (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller Arslan Ali Arslan Ali Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer Christof Pfannenmüller Christof Pfannenmüller	

4	Module coordinator	Arslan Ali Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	Learning based on LabVIEW communications and NI USRP: Introduction to USRP including hardware blocks of Tx/Rx chains Getting familiar with LabVIEW communications environment and controlling VIs (Panel, diagram, etc.) and fundamentals of LabVIEW programming: data types, arrays, flow control (for/while loop), clusters, case structures, signal sources, sinks, signal processing tools, filters, time/ frequency domain analysis, etc. Transmission and reception of analog modulation schemes: AM/DSB-SC and FM Implementation of digital modulation schemes: ASK, FSK, BPSK, QPSK, 16-QAM, etc. Digital Tx/Rx: symbol mapping, upsampling/downsampling, pulse shaping (rectangular, Gaussian, RRC), matched filtering, pulse alignment, synchronization, and detection Phase synchronization, FDM and image rejection algorithm Eye diagram analysis: ISI, clock jitter, optimal sampling time, detection threshold Power control for over-the-air transmission in sub-6 GHz ISM bands and analysis on fading and multipath propagation effects Channel estimation, equalization (decision directed, linear LS, adaptive LMS), modelling: coherence bandwidth and propagation delay Learning based on MATLAB and USRPs (Communications toolbox and SDR support packages):

		OFDM Tx/Rx with frequency domain equalization (FDE) and synchronization (training sequence and frame detection) LTE downlink transmission (MIMO) including system information blocks (SIB) and spectrum analysis including estimation/calibration of carrier frequency offset (CFO) Impairments/distortion analysis: ACPR, EVM tool: IQ offset errors, phase noise, PA nonlinearity, etc. Learning based on GNU Radio and RTL-SDR: Introduction to GNU Radio with RF prototyping demonstration Spectrum analyzer implementation: RBW, VBW, sweep time, and phase noise Small Project/assignment for students
6	Learning objectives and skills	Students Can bridge the gap between communications theory, analog/digital baseband, and RF design Can develop quick and flexible prototypes for real-time communications systems and standards using SDR solutions Can determine the design parameters and assess the interaction between various analog and digital parts Can create efficient Tx/Rx programs and signal processing algorithms in LabVIEW, MATLAB, and GNU Radio Can implement channel estimation and equalization algorithms in TDD and FDD systems Can demonstrate MIMO and OFDM based systems like LTE and beyond Can quantify and evaluate system performance using EVM and impairments analysis
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Praktikumsleistung
11	Grading procedure	Praktikumsleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 293179	Digital communications lab	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Digitale Übertragung (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	Contents	• 1 Digital Transmission of Data 1.1 Introduction, Background, Motivation 1.2 Purpose 1.3 Lab Environment 1.3.1 Transmitter 1.3.2 Receiver 1.4 Lab Exercises 1.4.1 Signal Generation at the Transmitter 1.4.2 (Coherent) Receivers for Pulse Amplitude Modulation 1.4.3 Transmission over the AWGN Channel • 2 Implementation of Transmitter and Receiver in Matlab 2.1 Introduction, Background, Motivation 2.2 Purpose 2.3 Lab Environment 2.3.1 Oversampling factor 2.3.2 Transmitter 2.3.3 Channel 2.3.4 Receiver 2.4 Lab Exercises 2.4.1 Transmitter 2.4.2 Channel 2.4.3 Receiver 2.4.4 BER calculation • 3 Variants of PAM-Transmission Schemes 3.1 Introduction, Background, Motivation 3.2 Purpose 3.3 Lab Environment 3.4 Lab Exercises 3.4.1 Basic Pulse Shape 3.4.2 Offset-QAM 3.4.3 Gaussian Minimum Shift-Keying 3.4.4 "Carrierless Amplitude and Phase Modulation • 4 OFDM 4.1 Introduction, Background, Motivation 4.1.1 Orthogonal Frequency-Division Multiplexing 4.1.2 Bit Loading 4.2 Purpose 4.3 Lab Environment 4.4 Lab Exercises 4.4.1 OFDM Transmitter 4.4.2 OFDM Receiver 4.4.3 Bit Loading • 5 Signal Space Representation 5.1 Introduction, Background, Motivation 5.2 Purpose 5.3 Lab Environment 5.4 Signal Space Representation 5.4.1 Orthogonality 5.4.2 Orthogonalization 5.5 Lab Exercises 5.5.1 Transmission with signal elements 5.5.2 Gram-Schmidt Procedure 5.5.3 Frequency Shift Keying • 6 Signal Processing in MIMO Systems 6.1 Introduction, Background, Motivation 6.2 Lab Environment 6.3 Lab Exercises 6.3.1 System Model 6.3.2 SISO 6.3.3 SIMO 6.3.4 MIMO
6	Learning objectives and skills	• Die Studierenden vertiefen und erweitern ihre Kenntnisse der digitalen Nachrichtenübertragungsverfahren und der zugehörigen mathematischen Grundlagen anhand von Laborversuchen. Sie analysieren die Eigenschaften digitaler Pulsamplitudenmodulation und Varianten digitaler PAM. Dazu erzeugen sie im Labor mit der zur Verfügung gestellten Ausrüstung Sendesignale, die sie mit Hilfe üblicher Messgeräte (Oszilloskop, Effektivwertmesser) analysieren. Sie bauen Übertragungsstrecken für diese PAM-Verfahren auf und untersuchen die Effekte auf Empfängerseite. Sie bestimmen Störabstände, Fehlerraten usw. • Des weiteren setzen die Studierenden ihre Kenntnisse der PAM-Übertragungsverfahren in selbst erstellte MATLAB-Routinen um, die die Simulation einer kompletten PAM-Übertragung mit Sender, Kanal und Empfänger am Rechner modellieren. In einem weiteren Versuch ergänzen die

Studierenden dieses Modell um eine OFDM-Übertragung und analysieren die Funktionsweisen von OFDM-Sendern und -empfängern. Sie untersuchen die Arbeitsweise von Ladealgorithmen bei OFDM-Systemen und implementieren diese in MATLAB.

- Die Studierenden verdeutlichen sich das Konzept der Signalraumdarstellung in der digitalen Übertragung und implementieren ein beispielhaftes System in MATLAB. Sie erstellen Routinen zur Gram-Schmidt-Orthogonalisierung und zur FSK-Übertragung in MATLAB.
- Die Studierenden analysieren einfache MIMO-Szenarien und implementieren entsprechende Empfängeralgorithmien.
- Die Studierenden bereiten die Bearbeitung der Versuche im Labor anhand der ausgegeben Unterlagen und den Unterlagen zum Modul "Digitale Übertragung selbständig vor. Sie sind in der Lage, die für den jeweiligen Versuch notwendigen theoretischen Kenntnisse vor und während des Versuchs zu erklären und zur Lösung der Laboraufgaben und vorbereitenden Hausaufgaben einzusetzen. Sie dokumentieren die durchgeführten Versuche selbständig in ihren Unterlagen, so dass die Nachvollziehbarkeit der Arbeiten jederzeit gegeben ist. Die Arbeit im Labor organisieren sie in Kleingruppen (2-3 Personen) selbst. Sie erkennen die Notwendigkeit gewissenhafter Vorbereitung der Lerninhalte und disziplinierten Arbeitsweise im Labor.
- Die Unterrichtssprache ist wahlweise Deutsch oder Englisch. Unterlagen werden ausschließlich auf Englisch zur Verfügung gestellt, weswegen die Studierenden die englischen Fachtermini kennen und nutzen.

- Students deepen and extend their knowledge of digital message transmission methods and the associated mathematical principles by means of laboratory experiments. They analyze the properties of digital pulse amplitude modulation and variants of digital PAM. To this end, they generate transmit signals in the laboratory using the equipment provided and analyze them with the aid of standard measuring instruments (oscilloscope, rms meter). They build transmission links for these PAM methods and investigate the effects on the receiver side. They determine signal-to-noise ratios, error rates, etc.
- Furthermore, the students implement their knowledge of the PAM transmission methods in self-created MATLAB routines, which model the simulation of a complete PAM transmission with transmitter, channel and receiver on the computer. In another experiment, students add an OFDM transmission to this model and analyze the operation of OFDM transmitters and

		receivers. They investigate the operation of loading algorithms in OFDM systems and implement them in MATLAB. • Students clarify the concept of signal space representation in digital transmission and implement an example system in MATLAB. They create routines for Gram-Schmidt orthogonalization and FSK transmission in MATLAB. Students analyze simple MIMO scenarios and implement corresponding receiver algorithms. • The students independently prepare the experiments in the laboratory using the issued documents and the documents for the module "Digital Transmission". They are able to explain the theoretical knowledge required for the respective experiment before and during the experiment and use it to solve the laboratory tasks and preparatory homework. They independently document the experiments carried out in their records so that the supervisors can trace the work at any time. They organize the work in the laboratory themselves in small groups (2-3 persons). They recognize the necessity of certain preparation of the learning content and disciplined working methods in the laboratory. • The language of instruction is either German or English. Documents are provided exclusively in English, which is why the students know and use the English technical terms.
7	Prerequisites	Das Praktikum richtet sich ausschließlich an Studierende, die das Moduls "Digitale Übertragung bereits absolviert haben oder es parallel zum Praktikum belegen. Die Inhalte dieses Moduls sind unabdingbare Grundlage und werden von den Studierenden beherrscht, d.h., sie können die entsprechenden Zusammenhänge erklären, Problemstellungen mathematisch formulieren und benötigte Größen berechnen. Grundlegende Kenntnisse der Software MATLAB sind notwendig (bspw. aus "Software für die Mathematik" oder "Simulationstools"). The lab course is aimed exclusively at students who have already completed the "Digital Transmission" module or who are taking it in parallel with the lab course. The contents of this module are an indispensable basis and are mastered by the students, i.e. they can explain the corresponding relationships, formulate problems mathematically and calculate required quantities. Basic mastery of the MATLAB software is necessary
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	• Es sind 5 Versuche zu absolvieren. Diese sind in den Kursunterlagen beschrieben.

		• Jeder Versuch ist zu Hause schriftlich vorzubereiten. Die Vorbereitung wird zu Beginn eines jeden Versuch überprüft und bewertet (ausreichend/nicht ausreichend). Die schriftliche Vorbereitung ist vor Beginn des Versuchs zusätzlich auf StudOn elektronisch einzureichen. • Die Ergebnisse eines jeden Versuchs sind während der Versuchsdurchführung auf den Versuchsrechnern vorzuhalten (Programmieraufgaben) und werden zum Abschluss des Versuchs überprüft (ausreichend/nicht ausreichend). Messergebnisse sind schriftlich zu dokumentieren. Zusätzlich sind erstellte Dateien und Unterlagen in Anschluss an die Versuchsdurchführung elektronisch auf StudOn zu hinterlegen. • Zum Bestehen des Praktikums sind 5 ausreichende Versuchsvorbereitungen und 5 ausreichende Versuchsdurchführungen notwendig. • Das erfolgreiche Absolvieren einführender Unterweisungen und Aufgaben in die verwendeten Geräte, die Matlab-Entwicklungsumgebung sowie die Lernplattform StudOn ist Voraussetzung für die weitere Teilnahme am Praktikum. • There are 5 experiments to be completed. These are described in the course documentation. Each experiment must be prepared in writing at home. The preparation is checked and evaluated at the beginning of each attempt (sufficient/not sufficient). The written preparation must also be submitted electronically on StudOn prior to the start of the attempt. • The results of each experiment are to be kept on the experimental computers during the execution of the experiment (programming tasks) and are checked at the end of the experiment (sufficient/not sufficient). Measurement results are to be documented in writing. In addition, the files and documents created are to be stored electronically on StudOn following the execution of the experiment. • To pass the lab course, 5 sufficient experiment preparations and 5 sufficient experiment executions are required. • Successful completion of introductory instruction and assignments in the equipment used, the Matlab development environment and the StudOn learning platform is a prerequisite for further participation in the lab course. ----
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 35 h Independent study: 40 h
14	Module duration	1 Semester

15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• Skriptum zum Praktikum • Skriptum zur Vorlesung Digitale Übertragung bzw. Digital Communications • übliche Standardlehrwerke zur Thematik (Proakis, Haykin usw.)

1	Module name 631385	Laboratory on microwave technology 2	2,5 ECTS
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	Module coordinator	Dr.-Ing. Jan Steffen Schür	
5	Contents	Theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Hochfrequenztechnik 2, zu HF-Messtechnik, aktiven HF-Bauteilen und HF-Simulationstechnik werden durch vorlesungsbegleitende Experimente im Praktikum vertieft. In Kleingruppen zu 2-3 Studierenden werden acht Versuche zu folgenden Themen der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik durchgeführt: • Hochfrequenzverstärker • Mischer und Frequenzvervielfacher • Hochfrequenzoszillatoren • Rechnergestützter HF-Schaltungsentwurf • 3D-Feldsimulation von HF-Komponenten • Antennenentwurf • Verstärkerentwurf • Satellitenfunk Derartige Systeme werden eingesetzt z.B. für Radaranwendungen, in einer Vielzahl von drahtlosen Kommunikationsanwendungen, im Automobilbereich und im industriellen Umfeld der HF-Messgeräteentwicklung und Materialcharakterisierung. Durch das Praktikum erhalten die Studierenden einen praktischen Einblick in die wichtigsten Arbeitsgebiete der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik.	
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • können theoretisch erworbene Kenntnisse, z.B. aus der Vorlesung Hochfrequenztechnik 2, zu HF-Messtechnik, aktiven HF-Bauteilen und HF-Simulationstechnik durch vorlesungsbegleitende Experimente analysieren und evaluieren. • können modernste HF-Messtechnik und Simulationssoftware anwenden und Ergebnisse vergleichen. • sind in der Lage, wichtige Bauelemente wie z. B. Oszillatoren und Verstärker einzusetzen und zu analysieren • evaluieren die technische und wissenschaftliche Bedeutung aktiver HF-Geräte in der Praxis. Sie sind damit in der Lage, komplexe HF-Systeme in der Praxis zu erschaffen und zu dimensionieren, die als Voraussetzung für viele Anwendungen in Wissenschaft und Technik gelten.	
7	Prerequisites	• Hochfrequenztechnik • HF-Schaltungen und Systeme (Praktikum vorlesungsbegleitend)	

8	Integration in curriculum	Semester: 1
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Zinke, O., Brunswig, H., Hochfrequenztechnik 1, Springer Verlag, Berlin, 1999 Meinke, H. H., Grundlach, F.-W., Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer Verlag, Berlin, 1992

1	Module name 878210	Lab course machine learning in signal processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Lab Course Machine Learning in Signal Processing (4 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Kamal Gopikrishnan Nambiar	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	Contents	This is an advanced level lab course in machine learning. Imagine a car driving on an autobahn in an automatic mode. Among other things, the car needs to steer itself to keep driving in it's own lane. To accomplish this, the central problem is to detect the road-lane markings. These are the white solid or dashed lines that are drawn on each side of the lane. The standard modern approach to solve this type of problems is to take a large dataset of labeled examples and train a deep neural network model to accomplish the task. This is how car and pedestrian detection algorithms are developed. The difficulty with the road-lane markings is that there is no labeled dataset of them and creating such dataset would cost millions of dollars. In this lab course we will solve this problem using transfer learning and mathematical modeling: • Create cartoon-like artificial images of a road with known locations for the lane markings. • Train deep neural network on these artificial images with heavy data augmentations that mimic real-world images. • Create a dataset of unlabeled real-life videos by downloading and organizing examples from youtube. • Create a machine learning pipeline for working with these videos efficiently. • Apply the neural network that has been trained on artificial data to the real world videos. • Analyze the quality of results produced by the network. • Use mathematical modeling to correct the outputs of the network. • Retrain the network on the dataset composed of the corrected outputs. • Measure and analyze the quality of the results. The software will be written in Python using JupyterLab development framework. Access to modern GPU server will be provided. The best students will have the opportunity to contribute to the creation of state-of-the-art lane detection system for self-driving cars during or after the course.
6	Learning objectives and skills	Students are able to:

		- Independently design machine learning pipelines to solve complex problems in artificial intelligence. - Choose appropriate algorithms for the problem at hand. - Use standard packages for machine learning in Python: numpy, cvxpy, scikit-learn, pywavelets, pytorch. - Debug and calibrate machine learning algorithms. Develop modification to the standard algorithms as appropriate to the problem at hand. - Explain the theoretical aspects of deep learning.
7	Prerequisites	Knowledge of Python programming language is required. Basic theoretical knowledge in machine learning is assumed: consider taking the Machine Learning in Signal Processing (MLSIP) course in the same semester.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 60 h Independent study: 15 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 676551	Praktikum Mikroelektronik	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Mikroelektronik (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Julian Schwarz Dr.-Ing. Tobias Dirnecker	

4	Module coordinator	Dr.-Ing. Tobias Dirnecker
5	Contents	Ziel ist es, praktische Erfahrungen in den Bereichen Herstellungsverfahren und elektrische Charakterisierung, Simulation und Entwurf sowie der Anwendung von mikroelektronischen Bauelementen, Schaltungen und Systemen zu erlangen.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen verstehen Charakterisierungsmethoden und Herstellungsverfahren für Halbleiterbauelemente stellen typische Werkzeuge und Verfahren für die Verifikation und den Entwurf mikroelektronischer Bauelemente und Schaltungen dar Anwenden analysieren grundlegende Schaltungen Lern- bzw. Methodenkompetenz wenden Charakterisierungsmethoden und Herstellungsverfahren für Halbleiterbauelemente praktisch an erwerben praktische Erfahrungen mit typischen Werkzeugen und Verfahren für die Verifikation und den Entwurf mikroelektronischer Bauelemente und Schaltungen sind in der Lage typische Schaltungen aufzubauen
7	Prerequisites	- Studienrichtung Mikroelektronik im Bachelorstudium - Absolvierung Modul Schaltungstechnik und Modul Digitaltechnik
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h

14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Vorbereitende Literatur für die Versuche: • Praktikumsskripte • ° Tietze, Schenk: Halbleiterschaltungstechnik

1	Module name 242643	Praktikum Photonik/Lasertechnik 1	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Photonik/Lasertechnik 1 (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Max Köppel Jasper Podschus	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	In kleinen Gruppen zu 2-3 Studierenden werden zehn Versuche zu folgenden Themen der Lasertechnik und Photonik durchgeführt: • *Geometrische Optik* - Fresnelgesetze - Chromatische Aberration • *Kohärente Optik* Beugung - Optische 2D-Fouriertransformation - Raumfilterung • *HeNe-Laser* - Aktives Medium - Anschlagbedingung - Spektrum • *Gaußstrahl* - TEM00 - Abbildung durch Linsen • *Laser-Resonatoren* - g-Parameter Stabilitätsbereich • *Strahlqualität* - Multimode-Laser - Strahlparameterprodukt - Strahlprofil-Kamera • *CO2-Laser* - Gitterabstimmung - Spektrallinien - Materialbearbeitung • *Laserdioden* - FP,DFB,LED - Kennlinien - Abstrahlung - Spektrum • *Faseroptik* - Fasertypen - Moden - Dämpfung • *Singlemodfasern* - Fusionsspleißen - Laser einkoppeln 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • verstehen aufgrund praktischer Experimente Aufbau und Funktion grundlegender optischer, faseroptischer und photonischer Komponenten • können die genannten Komponenten und Systeme sowie Laser anwendungsnah handhaben und anwenden. • können photonische Messmethoden in der Praxis erproben und charakterisieren. • können durch praktische Erfahrung Eigenschaften unterschiedlicher Lichtwellenleiter und Laser vergleichen und einschätzen.
7	Prerequisites	Voraussetzung: Photonik 1, kann auch parallel gehört werden.

8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Eichler, J., Eichler, H.J: Laser. 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010. Reider, G.A.: Photonik. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012. Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 2004. Saleh, B., Teich, M.C.: Grundlagen der Photonik. 2. Auflage, Wiley-VCH 2008. Träger, F. (Editor): Springer Handbook of Lasers and Optics, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2012.

1	Module name 508483	Praktikum Photonik/Lasertechnik 2	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Photonik/Lasertechnik 2 (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Max Köppel Jasper Podschus Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Schmauß
5	Contents	In kleinen Gruppen zu 2-3 Studierenden werden acht Versuche zu folgenden Themen der Lasertechnik und Photonik durchgeführt: • Polarisation - Doppelbrechung - Jones-Matrizen • Zeitliche Kohärenz - Michelson-Interferometer Linienbreiten • Räumliche Kohärenz - Beugung Doppelspalt • Leistungs-Laserdiode - Kennlinie Wellenlängenabstimmung • Lichtwellenmesstechnik - Wavemeter - OSA • EDFA - Erbium-dotierter Faserverstärker - Faser-Laser • Nd:YAG-Laser - Kennlinien - Resonator - Stabilität • Dynamik im Laser - Q-Switch - Spiking - Sättigbarer Absorber Anhand der Versuche wird gelernt, moderne und komplexe laserbasierte Systeme in der Praxis einzusetzen, als Voraussetzung 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.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • vertiefen ihre wissenschaftlichen Kenntnisse im Bereich der komplexer photonischer Systeme durch praktische Experimente. • können fortgeschrittene technische und wissenschaftliche Experimente im Bereich Photonik / Lasertechnik selbstständig und in kooperativen Gruppen planen, durchführen und reflektieren. • können Sachverhalte und Ergebnisse der im Inhalt beschriebenen Experimente bewerten und vergleichen. • sind in der Lage, eigenständig Ideen zur Lösung komplexer technisch-wissenschaftlicher Messaufgaben im Bereich der Photonik und Lasertechnik zu entwickeln.
7	Prerequisites	• Photonik 1 • Photonik 2 (kann vorlesungsbegleitend besucht werden)
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	

12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Träger, F. (Ed.): Handbook of Lasers and Optics, Springer Verlag, Berlin 2007. Eichler/Eichler: Laser. Springer Verlag, Berlin 2006. Reider, G.A.: Photonik. Springer Verlag, Berlin 2003. Bergmann, Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.3: Optik. DeGruyter 1993.

1	Module name 320376	Praktikum Test	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum Test (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Tobias Rumpel	

4	Module coordinator	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	Contents	Im Entwicklungsprozess elektronischer Bauteile wie auch bei deren Massenproduktion werden mit Hilfe automatischer Testsysteme die elektrischen Kenngrößen eines Bauteils erfasst. Das Praktikum Testen mit automatischen Testsystemen" gibt einen Einblick in typische messtechnische Aufgabenstellungen und Arbeiten, die während der Entwicklung integrierter mikroelektronischer Systeme vorkommen.
6	Learning objectives and skills	Verstehen - Die Studierenden beschreiben die Abläufe im Laborbetrieb und erläutern die Eigenschaften eines Testsystems - Die Studierenden erklären die Elemente eines Testprogramms - Die Studierenden formulieren die verschiedenen Möglichkeiten von Test (Funktionstest, Dynamischer Test) - Die Studierenden erläutern die Entwicklung von Test-Pattern Analysieren - Die Studierenden analysieren das DUT und entwickeln daraus die richtige Auswahl an Testparametern Erschaffen - Die Studierenden entwerfen Test-Pattern für den Boundary-Scan-Test - Die Studierenden erstellen aus gegebener Aufgabenstellung komplettes Testprogramm - Die Studierenden beurteilen des Testprogramms unter Berücksichtigung von Produktivität und Debugging Lern- bzw. Methodenkompetenz - Die Studierenden erwerben praktische Erfahrungen im Umgang mit einem automatischen Testsystem (ATE) - Die Studierenden erfahren die Arbeitsumgebung in einem Reinraum-Labor und die sich daraus ergebenden Vorschriften Selbstkompetenz - Die Studierenden können in Gruppen kooperativ arbeiten und Fehleranalysen durchführen
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!

9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 443121	Praktikum zu High-Performance Analog- und Umsetzer-Design	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Praktikum: Praktikum zu High-Performance Analog- und Umsetzer-Design (3 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Benedict Scheiner	

4	Module coordinator	Benedict Scheiner Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	Contents	Im Praktikum High-Performance Analog und Umsetzer Design wird ein Temperatursensor mit USB-Anschluss entwickelt. Die Teilnehmer müssen die einzelnen Schaltungsblöcke zuerst dimensionieren und simulieren, bevor die Schaltung auf einer Leiterplatte aufgebaut und gemessen wird. Im einzelnen sind folgende Blöcke zu untersuchen: • Temperaturstabilen Spannungsreferenz (Bandgap) • Präziser Instrumentenverstärker • Zeitkontinuierlicher Delta-Sigma Modulator • Nach Abschluss des Praktikums kann jeder Student seine eigene Platine mit nach Hause nehmen. Das Praktikum findet als einwöchige Blockveranstaltung während der Semesterferien im August/September statt. Die Anmeldung erfolgt über das WAS-System.
6	Learning objectives and skills	Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Konzepte von Analogschaltungen und Umsetzern anzuwenden und auf Basis dieser einen Temperatursensor mit USB Anschluss zu entwickeln.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 45 h Independent study: 30 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 504407	Software engineering in practice	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Übung: Software Engineering in der Praxis (3 SWS)	-
3	Lecturers	Loui Al Sardy	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Francesca Saglietti
5	Contents	In den praktischen Übungen werden Werkzeuge zur Entwicklung und zur Analyse komplexer Software vorgestellt, deren industrielle Einsetzbarkeit anschließend von den Teilnehmern anhand für die Praxis repräsentativer Aufgabenstellungen erprobt wird.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erläutern Potenzial und Grenzen unterschiedlicher Werkzeuge zur Unterstützung softwaretechnischer Tätigkeiten; • wenden unterschiedliche Werkzeuge an, um sowohl selbständig als auch in Teams Beispielaufgaben aus dem Bereich der objektorientierten Analyse, des objektorientierten Entwurfs, des Testens, des Beweisens und des Projektmanagements zu lösen;
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Praktikum oder Projektarbeit Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	
11	Grading procedure	
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

Seminar

1	Module name 750143	Advanced seminar on medical electronics and systems for ambient assisted living AAL	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Advanced Seminar on Medical Electronics and Systems for Ambient Assisted Living AAL (0 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Benedict Scheiner	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer
5	Contents	During the seminar current issues in the field of "Modern concepts in medical electronics" will be discussed. After a joint briefing the students will independently work on the chosen topic under the guidance of a supervisor. The results are summarized in a four-page seminar thesis. The main task of the seminar is a 30 minute presentation of each student. A discussion with the listeners concludes the seminar. Attendance during the whole workshop day is mandatory for passing the seminar. Topics: • Electronics for medical diagnostics and therapy • Electronics based human assistance systems • Electronic systems for AAL Ambient Assisted Living • Electronical Systems incorporating Microsystem Components (MEMS) • BAN body area networks • Coupling of medical electronic systems to Patient health record data bases • Near body Energy Harvesting and Scavenging • Circuit design for microwave based blood analysis • MEMS Lab-on-chip • Vital parameter supervision
6	Learning objectives and skills	• Students will acquire basic knowledge in research, topics preparation and presentation techniques. • Students will focus on technical issues for a given topic in the field of medical electronics. • Students will independently deepen a technical issue on a concrete example. • Students will learn the ability to familiarize themselves with unknown problems and to present the results. • Students will achieve the ability to formulate questions as a active listener and to discuss technical issues.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 15 h

		Independent study: 60 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 330542	Audio processing seminar	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Audio Processing Seminar (2 SWS)	-
3	Lecturers	Prof. Dr. Meinard Müller Prof. Dr.-Ing. Bernd Edler Prof. Dr. Nils Peters Prof. Dr. Emanuël Habets Prof. Dr.-Ing. Jürgen Herre Dr.-Ing. Stefan Turowski	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Emanuël Habets
5	Contents	The audio processing seminar trains students to prepare, summarize and present a recent scientific paper from the field of audio processing. The students work on a recent cutting-edge paper from one of the following fields: • Speech and Audio Coding • Audio Signal Analysis • Audio Signal Processing with the Internet of Things • Spatial Audio Signal Processing • Semantic Audio Processing • Audio in Virtual Reality During of the seminar, each participant prepares a paper, creates a written report (3-7 pages) and presents it in the form of a talk (20 min.) to the other participants. Thereby, the students are guided by their own supervisors. General skills are taught in joint classes. Paper specific aspects are discussed individually between the students and their supervisor. The seminar ends with the presentation of all topics over the course of one or two days. Participation in these presentations and the following discussions are mandatory for all participants. The seminar not only gives a broad overview of the field of audio processing, but conveys fundamental scientific working and communication skills.
6	Learning objectives and skills	Learning objectives and skills Students will gain the following skills: • How to analyze a scientific paper and understand its key principles and field of application. • How to perform a thorough literature survey and evaluate relevant literature for the focus of key points in the paper. • How to acquire a broad knowledge and deeper understanding of the specific scientific area. • How to prepare the subject, identify its most important topics, their dependencies, didactic reduction. • How to compile a written summary of a paper, scientific writing, correct citations. • How to create an appealing visual presentation, review and successively optimize it.

		• How to present the topic in front of other students, how to train presentation skills. • How to analyze presentations of other students, deriving questions, learn to participate in a scientific discussion.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 97760	Hauptseminar Ausgewählte Kapitel der Informationstechnik (Kommunikationselektronik)	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Ausgewählte Kapitel der Informationstechnik (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Sebastian Klob	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	Contents	Sommersemester: Integrierte Sender- und Empfängerschaltungen Im SS werden integrierte Sender- und Empfängerschaltungen behandelt. Studenten sollen einen Einblick in die Technologieauswahl und den Schaltungsentwurf von Schlüsselkomponenten bekommen. Die Vortragsreihe beginnt mit Übersichtsthemen zu Empfängerarchitekturen und Halbleiter-Technologien sowie Simulationswerkzeugen für die Integration von RF-Schaltungen. Mit wechselnden Schwerpunkten auf verschiedenen Funkstandards, Halbleitertechnologien oder Frequenzbereichen werden integrierte RF-Schaltungen behandelt. Je nach Schwerpunkt sollen Schlüsselkomponenten wie rauscharme Verstärker, Mischer, spannungsgesteuerte Oszillatoren und Leistungsverstärker oder komplette Sender- und Empfängerschaltungen erörtert werden. Ein Besuch der Abteilung Analoges IC-Design des Fraunhofer-IIS rundet das Seminar ab. Wintersemester: Digitaler Rundfunk Im Seminar „Digitale Rundfunksysteme“ werden ausgewählte Themen zu neuen terrestrischen und satellitengestützten digitalen Rundfunksystemen behandelt. Das Seminar startet mit einem historischen Exkurs in die Entwicklungsgeschichte des Radios und der Entwicklung des analogen Rundfunks in Deutschland sowie einer Einführung in die weltweit existierenden terrestrischen und satellitengestützten digitalen Rundfunksysteme. Mit wechselnden Schwerpunkten werden neue Dienste sowie die technischen Komponenten, Übertragungs- und Datenprotokolle sowie neue Standards entlang der gesamten Übertragungskette vom Quellensignal über den Hochfrequenzkanal bis zum Empfänger behandelt. Ein Besuch bei funklust (ein Zusammenschluss der drei studentischen Medieninitiativen Campusradio bit express, Uniradio Unimax und dem Video-Format t°fau an der FAU), sowie Fachvorträge von externen Experten mit Diskussion zu neuen Entwicklungen runden das Seminar ab.
6	Learning objectives and skills	1. Die Studierenden sollen lernen, sich ein wissenschaftliches Thema selbständig zu erarbeiten und eine didaktisch durchdachte Präsentation vorzubereiten.

		2. Die Studierenden sollen lernen unter Einhaltung von Zeitvorgaben, Ihre Erkenntnisse publikumsangepasst zu vermitteln. 3. Die Studierenden sollen Ihre verbale sowie nonverbale Kommunikation weiterentwickeln. 4. Die Studierenden sollen ansatzweise lernen, wie eine wissenschaftliche Veröffentlichung aussehen sollte. Dies alles geschieht im Rahmen des unter Seminarinhalte ausgeführten Themenbereichs. Die Leistungen werden im Zusammenhang mit dem individuellen Thema des/ der Studierenden erbracht.
7	Prerequisites	Keine formalen Voraussetzungen. Empfohlen werden ausdrücklich mindestens 4 Semester Bachelor-Studium in EEI, Informatik oder IuK.
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	Wird je nach Schwerpunktwahl des Seminars neu festgelegt.

1	Module name 97770	Hauptseminar Ausgewählte Kapitel der Navigation und Identifikation	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Ausgewählte Kapitel der Navigation und Identifikation (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Lukas Meyer Adam Kalisz Prof. Dr. Jörn Thielecke	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger Prof. Dr. Jörn Thielecke
5	Contents	Sommersemester: Radio-/ Hochfrequenz-Identifikationssysteme (RFID) Das Themenspektrum des Seminars im Sommersemester besitzt als Schwerpunkt die Bereiche Radio-/Hochfrequenz-Identifikationssysteme (RFID) und Telemetrie. Während des ersten Seminartermins werden den Studierenden Betreuer und Themen zugeteilt, wobei die Themen im Forschungsbereich des jeweiligen Betreuers liegen. Mit Unterstützung des Betreuers wird ein 30-minütiger Vortrag ausgearbeitet, der im Laufe des Seminars vorgetragen werden muss. Zusätzlich ist eine sechsstufige Ausarbeitung zu schreiben, die wissenschaftlichen Gesichtspunkten genügen muss. Ein fünfminütiger Probevortrag bietet die Möglichkeit, vor dem eigentlichen Vortrag eine Rückkopplung über den eigenen Vortragsstil zu erhalten und die Zielsetzung des Seminars besser zu verstehen. Probevorträge und die Vorträge selbst (30 Min.) werden mit der Kamera aufgezeichnet, um anschließend den Vortragsstil besser diskutieren zu können. Wintersemester: Roboternavigation Thematisch befasst sich das Seminar mit der Navigation von Robotern bis hin zum autonomen Fahren von Autos, z.B. pilotiertem Fahren. Themenschwerpunkte können beispielsweise sein: Sensoren, GPS, Trägheitsnavigation, laserbasierte Navigation, kamerabasierte Navigation, Sensordatenfusion, Filtermethoden, automatisierte Kartenerstellung, Simultaneous Localization and Mapping, maschinelle Lernverfahren oder Wegeplanung. Für das Seminar werden circa 10 aktuelle Themen aus diesen Bereichen ausgewählt, die von den Studierenden bearbeitet werden können.
6	Learning objectives and skills	1. Sie sollen lernen, sich ein wissenschaftliches Thema selbständig zu erarbeiten und eine didaktisch durchdachte Präsentation vorzubereiten. 2. Sie sollen lernen unter Einhaltung von Zeitvorgaben, Ihre Erkenntnisse publikumsangepasst zu vermitteln.

		3. Sie sollen Ihre verbale sowie nonverbale Kommunikation weiterentwickeln. 4. Sie sollen ansatzweise lernen, wie eine wissenschaftliche Veröffentlichung aussehen sollte. Selbstkompetenz Fähigkeit und Bereitschaft, sich weiterzuentwickeln und das eigene Leben eigenständig und verantwortlich im jeweiligen sozialen, kulturellen bzw. beruflichen Kontext zu gestalten, Selbstkritische Einschätzung des Kompetenzniveaus bei der Vor- und Nachbereitung von Lehrveranstaltungen. Selbstkritische Bewertung der Studienleistungen. Sozialkompetenz Der Absolvent ist in der Lage, zielorientiert mit seinen Kommilitonen sowie externen Fachleuten und fachfremden Dritten zusammenzuarbeiten. Hierbei ist er in der Lage, fachliche und soziale Situationen zu erfassen, sich mit ihnen rational und verantwortungsbewusst auseinanderzusetzen sowie dadurch seine Arbeits- und Lebenswelt mitzugestalten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Portfolio
11	Grading procedure	Portfolio (100%)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 92508	Hauptseminar Cognitive Science in Engineering	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar "Cognitive Science in Engineering" (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Dr. Chenxu Hao	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Philipp Beckerle Dr. Chenxu Hao
5	Contents	In the seminar, students will analyze, present. and discuss recent research topics in Cognitive Science and Engineering. Besides reflecting contemporary literature, the students are asked to conclude and suggest directions for future research.
6	Learning objectives and skills	On successful completion of this module, students will be able to comprehend and convey recent research challenges in the area of Cognitive Science in Engineering. Moreover, they are prepared to infer future research lines from recent developments.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 94595	Hauptseminar Software Engineering	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Design Patterns und Anti-Patterns (2 SWS)	-
3	Lecturers	Loui Al Sardy Dr.-Ing. Marc Spisländer	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Francesca Saglietti
5	Contents	In diesem Seminar werden zahlreiche in der Praxis bewährte Entwurfsmuster präsentiert, sowie typische Fehler, die während des gesamten Lebenszyklus' eines Software-Systems auftreten können, zusammen mit ihrer Erkennung und Behebung vorgestellt.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erläutern etablierte Design Patterns sowie bekannte Anti-Patterns; • klassifizieren sie und charakterisieren deren Stärken und Schwächen bzw. Negativfolgen; • tragen vor Publikum über wissenschaftliche Ergebnisse vor; • recherchieren selbständig Fachliteratur; • fassen wissenschaftliche Erkenntnisse in Schriftform zusammen; • nutzen Verbesserungshinweise des Betreuers zur Analyse eigener Stärken und Schwächen und leiten daraus Konsequenzen für ihr künftiges Lern-Handeln ab; • können komplexe fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht präsentieren und argumentativ vertreten.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	mündlich Seminarleistung
11	Grading procedure	mündlich (50%) Seminarleistung (50%)
12	Module frequency	nur im Sommersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 47643	Seminar Advanced Algorithms in Medical Image Processing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Advanced Deep Learning (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Dr.-Ing. Vincent Christlein Katharina Breininger	

4	Module coordinator	Katharina Breininger Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Students will be able to • perform their own literature research on a given subject • independently research this subject • present and introduce the subject to their student peers • give a scientific talk in English according to international conference standards
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 914949	Seminar on selected topics of multimedia communications and signal processing	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Ausgewählte Kapitel der Multimediakommunikation und Signalverarbeitung (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lecturers	Kamal Gopikrishnan Nambiar Prof. Dr. Vasileios Belagiannis	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup Prof. Dr.-Ing. Walter Kellermann
5	Contents	Im Seminar Multimediakommunikation und Signalverarbeitung werden aktuelle Themen aus dem Bereich der Multimediakommunikation und Signalverarbeitung bearbeitet. Nach einer gemeinsamen Vorbesprechung und Themenauswahl werden die einzelnen Themen unter Anleitung eines Betreuers oder einer Betreuerin eigenständig im Hinblick auf eine Präsentation in Vortragsform erarbeitet. Eine kurze Präsentation der Struktur und erster Ergebnisse erfolgt etwa 5 Wochen nach der Vorbesprechung. Gegen Ende des Vorlesungszeitraums hält jeder Teilnehmer einen ca. 30-minütigen Vortrag mit anschließender Diskussion im Rahmen eines ganztägigen Workshops. Als Begleitmaterial zum Vortrag wird auch eine ca. 10-seitige Ausarbeitung erstellt. Für die Vortragsveranstaltungen besteht Anwesenheitspflicht. The Seminar on Selected Topics of Multimedia Communications and Signal Processing deals with current research topics in the area of multimedia communications and signal processing. In an introductory meeting, the course of the seminar is outlined and each participant selects one of the offered topics. The participant should become familiar with the assigned research topic and present it by a report and a talk at the end of the seminar with the support of a supervisor. In an intermediate meeting about 5 weeks after the introductory meeting, the participants give a brief presentation about their topics and show first results. In addition, hints for the preparation of the final talk are provided at this meeting. At the end of the semester, a final one-day meeting takes place where each participant presents his topic in a talk of 30 minutes followed by a discussion and questions from the audience. In addition, each participant has to submit a report of about 10 pages about his topic a few days before the final meeting.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlernen grundlegende Techniken der Recherche, Themenaufbereitung und Präsentation technischer Inhalte und wenden diese an • analysieren und evaluieren gegebene Literatur im Hinblick auf die Schwerpunkte ihres Vortrags zu einem technischen Thema • wenden ihr bisher im Studium erworbenes Wissen an, um davon ausgehend eigenständig einen technischen Schwerpunkt zu vertiefen

		• wenden ihr bisheriges Wissen an, um als Zuhörer sinnvolle Fragen zu einem Vortragsthema zu formulieren und das Präsentierte zu diskutieren • analysieren und evaluieren die Präsentationen der anderen Seminarteilnehmer. The students • acquire and apply fundamental techniques to conduct a literature survey, and to prepare and present a technical topic • analyze and evaluate provided literature regarding the focus of their technical presentation • apply the knowledge acquired during their studies to deepen by themselves their technical focus • apply acquired knowledge to ask a presenter questions and to discuss the presentation • analyze and evaluate the presentations of other seminar participants.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 775681	Selected areas in communications	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Hauptseminar: Seminar Ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik (2 SWS) ja.	2,5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller Prof. Dr. Laura Cottatellucci Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker Prof. Dr.-Ing. Robert Schober	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Laura Cottatellucci Prof. Dr. Wolfgang Gerstacker Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller Prof. Dr.-Ing. Robert Schober Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	Contents	Inhalt / Contents In diesem Seminar werden aktuelle Themen innerhalb eines wechselnden Schwerpunkts im Bereich der Nachrichtentechnik bzw. drahtlosen Kommunikation bearbeitet und präsentiert. In this seminar, current topics in the field of telecommunications and wireless communication are presented by students.
6	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlernen grundlegende Techniken der Recherche, Themenaufbereitung und Präsentation technischer Inhalte und wenden diese an • analysieren und evaluieren gegebene Literatur im Hinblick auf die Schwerpunkte ihres Vortrags zu einem technischen Thema • wenden ihr bisher im Studium erworbenes Wissen an, um davon ausgehend eigenständig einen technischen Schwerpunkt zu vertiefen • wenden ihr bisheriges Wissen an, um als Zuhörer sinnvolle Fragen zu einem Vortragsthema zu formulieren und das Präsentierte zu diskutieren • analysieren und evaluieren die Präsentationen der anderen Seminarteilnehmer. The students • learn basic techniques of research, topic preparation and presentation of technical content and apply them • analyze and evaluate given literature with regard to the focus of a talk on a technical topic • apply the knowledge they have acquired during their studies to independently deepen their technical focus

		• apply their previous knowledge to formulate meaningful questions as a listener on a talk and to discuss what is presented • analyze and evaluate the presentations of the other seminar participants.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung • Die Themen werden unter Anleitung eines/r Betreuers/in eigenständig im Hinblick auf eine Präsentation in Vortragsform erarbeitet. • Studierende haben die Möglichkeit sich aktiv an der Formulierung des Vortragsthemas zu beteiligen. • Themen werden bei einer Vorbesprechung zu Beginn des Semesters vergeben. • Eine kurze Präsentation der Struktur und erster Ergebnisse erfolgt etwa 5 Wochen nach der Vorbesprechung. Gegen Ende des Vorlesungszeitraums hält jede/r Studierende einen ca. 30-minütigen Vortrag mit anschließender 15-minütiger Diskussion. • Vor den Beiträgen der Studierenden erfolgt eine Einführung zur Vortragstechnik durch Mitarbeiter des Lehrstuhls. • Es wird eine ca. 10-15-seitige Ausarbeitung erstellt. • The topics are independently worked out under the guidance of a supervisor. • Students have the opportunity to actively participate in the formulation of their individual topic. • Topics are assigned at a preliminary meeting at the beginning of the semester. • A brief presentation of the structure and initial results will be given about 5 weeks after the preliminary discussion. • Towards the end of the lecture period, each student gives a talk of approximately 30 minutes followed by a 15-minute discussion. • Students will be introduced into lecture techniques. • An approx. 10-15-page paper has to be written.
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%) • ca. halbstündiger Vortrag (60%) • Ausarbeitung im Umfang von 10-15 Seiten (vergleichbar IEEE Paper zweispaltig, 30%) • aktive Teilnahme an der Diskussion anderer Vorträge (10%)

		• approx. half-hour presentation (60%) • paper of 10-15 pages (comparable to IEEE paper in two columns, 30%) • active participation in the discussion of other presentations (10%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 15 h Independent study: 60 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• Unterlagen zu den Modulen Digitale Übertragung, MIMO Communication Systems, Convex Optimization in Communications and Signal Processing • Informationen zur Literatursuche und zu Präsentationstechniken • Vorlagen für Ausarbeitungen und Präsentationsfolien werden zur Verfügung gestellt • Technische Literatur im Themengebiet • Lecture notes of the modules Digital Transmission, MIMO Communication Systems, Convex Optimization in Communications and Signal Processing • Information on literature search and presentation techniques • Templates for papers and presentation slides will be provided • Technical literature in the subject area

1	Module name 514944	Seminar deep learning	5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 93656	Seminar Energieinformatik	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar Energieinformatik (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Marco Pruckner	

4	Module coordinator	Marco Pruckner
5	Contents	Teilnehmende arbeiten sich selbständig anhand der ausgewählten wissenschaftlichen Literatur in ein vorgeschlagenes Thema aus dem Bereich der Energieinformatik ein, erstellen dazu eine schriftliche Ausarbeitung, bereiten einen Seminarvortrag vor und präsentieren ihn vor Lehrenden, interessierten wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts und Kommilitonen der Lehrveranstaltung.
6	Learning objectives and skills	Zu den zu erwerbenden Kompetenzen zählen • die Literaturrecherche, • korrektes Zitieren, • die Fähigkeit auszuwählen, welche Aspekte in der Ausarbeitung und im Vortrag behandelt werden, • zielgruppengerechtes Schreiben, • die Verwendung von Textverarbeitungswerkzeugen für die Präsentation und die Ausarbeitung, • sicheres Auftreten beim Vortragen eines wissenschaftlichen Themas sowie • fachspezifische Fragen zum ausgewählten Themengebiet zu beantworten. Am Ende jeder Lehreinheit • stellen die Teilnehmenden gezielt Fragen zum vorgetragenen Thema, • diskutieren über fachliche Aspekte der Präsentation, • üben konstruktive Kritik an der Darstellung des Themas und • bewerten die Präsentation aus vortragstechnischer Sicht.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• gesammelte Bücher, Artikel und Weblinks zu einem einschlägigen Themengebiet • Marco Pruckner. Allgemeine Hinweise zu Seminarvorträgen und -ausarbeitungen.

1	Module name 609624	Seminar communication systems (B.Sc.)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar: Kommunikationssysteme (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Lisa Maile	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Teilnehmende arbeiten sich selbständig anhand der ausgewählten wissenschaftlichen Literatur in ein vorgeschlagenes Thema aus dem Bereich der Kommunikationssysteme ein, erstellen dazu eine schriftliche Ausarbeitung, bereiten einen Seminarvortrag vor und präsentieren ihn vor Lehrenden, interessierten wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts und Kommilitonen der Lehrveranstaltung.
6	Learning objectives and skills	Zu den zu erwerbenden Kompetenzen zählen • die Literaturrecherche, • korrektes Zitieren, • die Fähigkeit auszuwählen, welche Aspekte in der Ausarbeitung und im Vortrag behandelt werden, • zielgruppengerechtes Schreiben, • die Verwendung von Textverarbeitungswerkzeugen für die Präsentation - und die Ausarbeitung, • sicheres Auftreten beim Vortragen eines wissenschaftlichen Themas sowie • fachspezifische Fragen zum ausgewählten Themengebiet zu beantworten. Am Ende jeder Lehreinheit • stellen die Teilnehmenden gezielt Fragen zum vorgetragenen Thema, • diskutieren über fachliche Aspekte der Präsentation, • üben konstruktive Kritik an der Darstellung des Themas und • bewerten die Präsentation aus vortragstechnischer Sicht.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 986443	Seminar communication systems (M.Sc.)	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Seminar: Kommunikationssysteme (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Reinhard German Lisa Maile	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Reinhard German
5	Contents	Teilnehmende arbeiten sich selbständig anhand der ausgewählten wissenschaftlichen Literatur in ein vorgeschlagenes Thema aus dem Bereich der Kommunikationssysteme ein, erstellen dazu eine schriftliche Ausarbeitung, bereiten einen Seminarvortrag vor und präsentieren ihn vor Lehrenden, interessierten wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts und Kommilitonen der Lehrveranstaltung.
6	Learning objectives and skills	Zu den zu erwerbenden Kompetenzen zählen • die Literaturrecherche, • korrektes Zitieren, • die Fähigkeit auszuwählen, welche Aspekte in der Ausarbeitung und im Vortrag behandelt werden, • zielgruppengerechtes Schreiben, • die Verwendung von Textverarbeitungswerkzeugen für die Präsentation und die Ausarbeitung, • sicheres Auftreten beim Vortragen eines wissenschaftlichen Themas sowie • fachspezifische Fragen zum ausgewählten Themengebiet zu beantworten. Am Ende jeder Lehreinheit • stellen die Teilnehmenden gezielt Fragen zum vorgetragenen Thema, • diskutieren über fachliche Aspekte der Präsentation, • üben konstruktive Kritik an der Darstellung des Themas und • bewerten die Präsentation aus vortragstechnischer Sicht.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	• gesammelte Bücher, Artikel und Weblinks zu einem einschlägigen Themengebiet

		• Reinhard German. Allgemeine Hinweise zu Seminarvorträgen und -ausarbeitungen.

1	Module name 903776	Seminar machine learning and data analytics for industry 4.0	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Maschinelles Lernen und Datenanalytik für Industrie 4.0 (2 SWS) Attendance of all meetings is required.	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr. Björn Eskofier Johannes Roider Christoph Scholl	

4	Module coordinator	Prof. Dr. Björn Eskofier An Nguyen Johannes Roider
5	Contents	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. 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. 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.
6	Learning objectives and skills	• Students will develop an understanding of the current hot field of machine learning and data analytics in businesses • Students will learn to research and present a topic within the context of machine learning and data analytics in businesses independently • Students will learn to identify opportunities, challenges and limitations of corresponding ML approaches in businesses

		• Students will develop the skill to identify and understand relevant literature and to present their findings in a structured manner • Students will learn to present implementation and validation results in form of a demonstration and/or report
7	Prerequisites	• 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. • Motivation to explore scientific findings (e.g. via literature research) • Motivation to code and analyze data
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%) • 50% of grade: Presentation (20 minutes) • 50% of grade: 4 pages IEEE standard paper (excluding references) (+ code submission)
12	Module frequency	in jedem Semester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	• 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.https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016. • 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. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007. • Wil M. P. van der Aalst. Process Mining: Data Science in Action 2nd edition, Springer 2016. ISBN 978-3-662-49851-4 • Wang, Lihui, and Xi Vincent Wang. Cloud-Based Cyber-Physical Systems in Manufacturing. Cham: Springer International Publishing, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67693-7.

1	Module name 47675	Seminar Meta Learning	5 ECTS
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	Module coordinator	
5	Contents	no content description available!
6	Learning objectives and skills	no learning objectives and skills description available!
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	Semester: 0
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	no Module frequency information available!
13	Workload in clock hours	Contact hours: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Independent study: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Module duration	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 349413	Speech technologies for speech pathologies	5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: 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	Module coordinator	Prof. Seung Hee Yang
5	Contents	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	Learning objectives and skills	Die Studierenden • erlernen die Literaturrecherche. • arbeiten sich selbstständig anhand der gefundenen Literatur in die Thematik der automatischen Analyse von Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen ein. • wählen einen Schwerpunkt und bereiten diesen im Rahmen einer Präsentation so auf, dass er für andere Teilnehmer des Seminars verständlich ist. • lernen die Anforderungen an einen wissenschaftlichen Vortrag auf einer internationalen Konferenz kennen. • halten einen Vortrag in der international üblichen Fachsprache Englisch (davon ausgenommen sind Studierende aus dem Ausland, die in Deutschland studieren, um Deutsch zu lernen)
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	Unregelmäßig
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 96970	Seminar Visual Computing	5 ECTS
2	Courses / lectures	Masterseminar: Seminar Visual Computing (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Prof. Dr. Tim Weyrich	

4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Tobias Günther Prof. Dr. Tim Weyrich
5	Contents	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: • human performance capture (faces, eyes, speech), • animation (motion controllers, speech synthesis, shape modelling) • fabrication (caustic design, robot design), • appearance modelling (subsurface scattering), • Monte Carlo rendering (importance sampling, participating media), • differentiable rendering (neural rendering, inverse rendering), • denoising (non-local means and deep learning), • physics simulation (fluid simulation) The seminar contains the paper presentations by the students and introductory lectures on scientific dissemination. Grading 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.

6	Learning objectives and skills	Students learn to: • present current research topics in visual computing • perform a thorough literature review • cite scientific literature correctly • comprehend scientific texts • improve their presentation and argumentation skills • practice scientific writing
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%)
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 120 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Deutsch
16	Bibliography	no Bibliography information available!

1	Module name 559050	Systems- and networks-on-a-chip	2,5 ECTS
2	Courses / lectures	Seminar: Systems- and Networks-on-a-Chip (2 SWS)	5 ECTS
3	Lecturers	Chetana Pradhan Dr.-Ing. Stefan Wildermann	

4	Module coordinator	Joachim Falk Dr.-Ing. Stefan Wildermann
5	Contents	Eingebettete Systeme spielen im alltäglichen Leben eine immer größere Rolle. Gleichzeitig nimmt die Komplexität dieser Systeme immer weiter zu. Durch die heutige Technologie ist es möglich, Millionen, in naher Zukunft Milliarden von Transistoren auf einem Chip zu platzieren. Dies führt dazu, dass häufig das komplette eingebettete System, ein sogenanntes System-on-a-Chip (SoC), auf einem einzigen Chip realisiert werden kann. Die Vorteile einer verbesserten Performanz, niedrigerem Energieverbrauch sowie sinkenden Kosten sind dabei unter anderem durch die Wiederverwendung bestehender Komponenten bedingt. Eine der Herausforderungen bestehender SoCs besteht darin, eine korrekte und zuverlässige Kommunikation zwischen den Komponenten herzustellen. Aus diesem Grund wird den Komponenten eine netzwerkartige Kommunikation zur Verfügung gestellt, wodurch sogenannte Networks-on-a-Chip (NoCs) entstehen. Dieses Seminar beschäftigt sich mit der Problematik von Design, Synthese und Analyse bestehender und zukünftiger Systems- und Networks-on-a-Chip. Hierbei soll vor allem die Vereinbarkeit verschiedener Anforderungen an das System wie Kosten, Platz- und Energieverbrauch oder Zuverlässigkeit in den verschiedenen Phasen der Entwicklung betrachtet werden.
6	Learning objectives and skills	Fachkompetenz - Verstehen - Die Studierenden tragen die wesentlichen Inhalte einer ausgewählten wissenschaftlichen Veröffentlichung auf dem Gebiet der MPSoCs vor. - Die Studierenden veranschaulichen den grundlegenden Kontext der Veröffentlichung sowie deren wesentliche Neuerungen. Lern- bzw. Methodenkompetenz - Die Studierenden arbeiten sich selbstständig in eine wissenschaftliche Veröffentlichung ein und suchen hierbei selbstständig nach verwandten Arbeiten, um den Kontext der Veröffentlichung zu verstehen und aufzubereiten. Sozialkompetenz

		Die Studierenden beteiligen sich aktiv an den Vorträgen der jeweils anderen Studierenden durch fachbezogene Fragen zum Thema wie auch Rückmeldung zu Vortragsstil.
7	Prerequisites	None
8	Integration in curriculum	no Integration in curriculum available!
9	Module compatibility	Seminar Master of Science Information and Communication Technology 20222
10	Method of examination	Seminarleistung
11	Grading procedure	Seminarleistung (100%) Die Bewertung der Prüfungsleistung setzt sich zusammen aus 70% Seminarvortrag (ca. 30 Minuten Präsentation + ca. 15 Minuten Frage und Antwort) und 30% schriftlicher Ausarbeitung (2 Seiten stichpunktartiges Handout).
12	Module frequency	nur im Wintersemester
13	Workload in clock hours	Contact hours: 30 h Independent study: 45 h
14	Module duration	1 Semester
15	Teaching and examination language	Englisch
16	Bibliography	no Bibliography information available!