

Modulhandbuch für den Masterstudiengang Data Sciences

**Modulhandbuch für den
Masterstudiengang Data Sciences**

**Department Mathematik
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg**

Stand: 09.01.2020

Bezug: Prüfungsordnung vom 03. Oktober 2020

Inhalt

Betreuung des Masterstudiengangs Data Science	4
Präsentation des Masterstudiengangs Data Sciences	6
Kernmodule Data Science (M1 – M3)	20
MaDS: Mathematical Data Science	20
Deep Learning	21
Mathematics of Learning	22
Modulkatalog (M4a/M5a): Studienrichtung „Datenorientierte Optimierung (DO)“	23
Discrete Optimization I	23
Discrete Optimization II	24
Optimization in Industry and Economy	25
Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization	26
Advanced Nonlinear Optimization	27
Optimization with Partial Differential Equations	28
Introduction to Material and Shape Optimization	29
Robuste Optimierung 2	30
Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (NALIP)	31
Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz (MGzDANNuKI)	32
Modulkatalog (M4b/M5b): Studienrichtung „Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science“	33
Funktionalanalysis I	33
Partielle Differentialgleichungen I	34
Partielle Differentialgleichungen II	35
Geometrie von Mannigfaltigkeiten	36
Statistische Mechanik	37
Einführung in die Darstellungstheorie	38
Lie-Algebren	39
Lie-Gruppen	40
Modulkatalog (M4c/M5c): Studienrichtung „Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)“	41
Datenstromsysteme	41
Multimedia-Datenbanken und Objektorientierte Datenbanken	43
Datenbanken in Rechnernetzen und Transaktionssysteme	45
eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme	46
Artificial Intelligence I	48
Artificial Intelligence II	49
Projekt	50
Modulkatalog (M4d/M5d): Studienrichtung „Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)“	51
Artificial Intelligence I	51
Artificial Intelligence II	52
Machine Learning for Time Series	53
Pattern Recognition	54
Pattern Analysis	56
Projekt	58
Software-Anwendungen mit KI (OSS-SAKI)	59
Modulkatalog (M4e/M5e): Studienrichtung „Simulation und Numerik (SN)“	60
Simulation and Modeling 1	60
Simulation and Modeling 2	62
Simulation and Scientific Computing 1	63
Simulation and Scientific Computing 2	64
Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (MOSES)	65
Dienstgüte von Kommunikationssystemen (DKS)	66
Projekt	67
Partial Differential Equations Based Image Processing	68
Inverse Problems and their Regularization (IPReg)	69
Practical Course: Modeling, Simulation, Optimization	70
PDEs in Data Science	71
Partielle Differentialgleichungen I	72

Advanced Discretization Techniques	73
Advanced Solution Techniques	74
Modulkatalog (M4f/M5f): Studienrichtung „Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)“	75
Stochastische Analysis	75
Wahrscheinlichkeitstheorie	76
Fortgeschrittene Risikoanalyse 1	77
Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (MSAI)	78
Advanced Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (AMSAI)	79
Machine learning in signal processing	81
Lab Course Machine Learning in Signal Processing	82
Mathematical methods for machine learning and signal processing	83
Modulkatalog (M6): Anwendungsfächer	84
Modulkatalog (M6a)Anwendungsfach Physik	84
Quantum Computing	84
Experimentalphysik 1 für Mathematikstudierende	85
Experimentalphysik 1+2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik	86
Computerphysik und numerische Methoden	88
Modulkatalog (M7): Technische Schlüsselqualifikationen	89
Rechnerkommunikation	89
Computergraphik-	90
Software-Entwicklung in Großprojekten	92
Nailing your Thesis	93
Einführung in die IT-Sicherheit	94
Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation	95
Rechnerarchitektur	96
Approximate Computing	97
SWAT-Intensivübungen [als eBT-Aufbau] (SWAT)	98
Implementierung von Datenbanksystemen	99
Englisch Level 2: Focus on Academic Writing (SZENL2FAW)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Englisch Level 2: Focus on Grammar and Vocabulary (SZENL2GV)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Englisch Level 2: Key Discussions in the Natural Sciences (SZENL2KDNS)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Englisch Level 2: Holding Scientific Presentations (SZENL2HSP)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tutoren	105
Betriebspraktikum	106
Akademische Selbstverwaltung	107
Graph Routing and Applications GrRaA)	108
Kryla: Kryptographie I – Teil 1	109
Krylla: Kryptographie II – Teil 1	110
Lineare Komplementaritätsprobleme (LCP)	111
Projektseminar Optimierung (Master) (ProO)	112
Masterseminar (M8)	113
Masterseminar	113
Masterarbeit (M9)	114
Masterarbeit	114

Betreuung des Masterstudiengangs Data Science am Department Mathematik der FAU Erlangen-Nürnberg

→ **Studiendekan** (Allgemeine Fragen zum Studium)

Prof. Dr. Friedrich Knop

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 01.321
Tel. 09131 – 85 67021, E-Mail: knop@mi.uni-erlangen.de

→ **Vorsitzende Prüfungsausschuss Bachelor- u. Masterstudiengänge Data Sciences** (Prüfungsfragen in den Studiengängen)

Prof. Dr. Eberhard Bänsch

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 04.323
Tel. 09131 – 85 67202, E-Mail: baensch@math.fau.de

→ **Studiengangsleitung** (Ansprechpersonen für den Studiengang)

Prof. Dr. Frauke Liers

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 03.345
Tel. 09131 – 85 67151, E-Mail: frauke.liers@math.uni-erlangen.de

Prof. Dr. Richard Lenz

Department Informatik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 3, 91058 Erlangen, Raum 08.136
Tel. 09131 – 85 27899, E-Mail: richard.lenz@fau.de

→ **Hauptfachverantwortliche für die Studienrichtungen**

Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)

Prof. Dr. Christoph Richard

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 02.335
Tel. 09131 – 85 67086, E-Mail: christoph.richard@fau.de

Datenorientierte Optimierung (DO)

Prof. Dr. Frauke Liers

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 03.345
Tel. 09131 – 85 67151, E-Mail: frauke.liers@math.uni-erlangen.de

Numerik (N)

Prof. Dr. Martin Burger

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 04.334
Tel. 09131 – 85 67209, E-Mail: martin.burger@fau.de

Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Sciences (MTG)

Prof. Dr. Karl-Hermann Neeb

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 01.338
Tel. 09131 – 85 67037, E-Mail: neeb@math.fau.de

Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)**Prof. Dr. Richard Lenz**

Department Informatik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 3, 91058 Erlangen, Raum 08.136
Tel. 09131 – 85 27899, E-Mail: richard.lenz@fau.de

Machine Learning//Artificial Intelligence (AI)**Prof. Dr. Björn Eskofier**

Department Informatik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Carl-Thiersch-Straße 2b, 91052 Erlangen, Raum 01.014
Tel. 09131 – 85 27297, E-Mail: bjoern.eskofier@fau.de

→ Studienfachberatung**Prof. Dr. Frauke Liers**

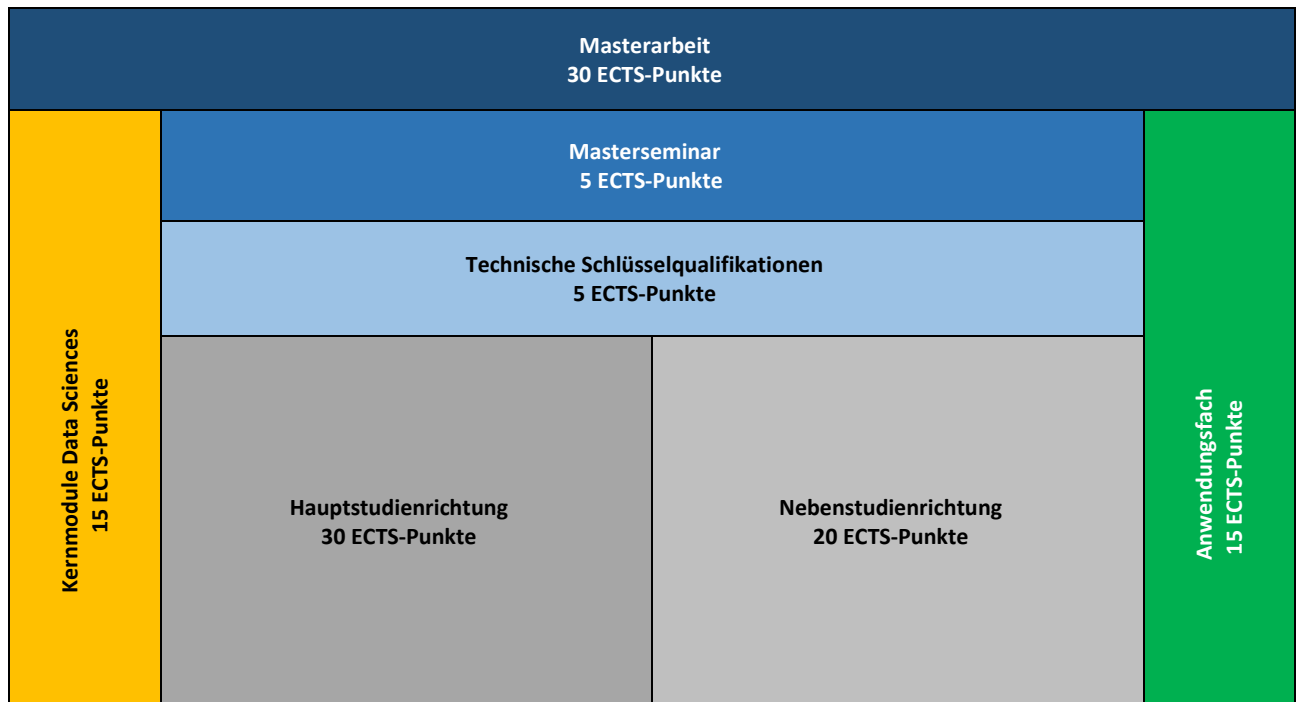
Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 03.345
Tel. 09131 – 85 67151, E-Mail: frauke.liers@math.uni-erlangen.de

→ Studienberatung (Studien Service Center)**Frau Christine Gräßel M.A.**

Department Mathematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Cauerstraße 11, 91058 Erlangen, Raum 01.385
Tel. 09131 – 85 67024, E-Mail: ssc@math.fau.de

Präsentation des Masterstudiengangs Data Sciences

Anlage 2a Curricular-Übersicht



Die genauen Regelungen zu den farblich hervorgehobenen Blöcken finden sich in der folgenden Darstellung des (Muster-)Studienverlaufs (vgl. **Anlage 2b**). Zu Beginn des Masterstudiums wird im Rahmen einer individuellen Studienvereinbarung eine Haupt- und Nebenstudienrichtung aus den folgenden Studienrichtungen gewählt:

1. Datenorientierte Optimierung (DO)
2. Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Sciences (MTG)
3. Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)
4. Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)
5. Simulation und Numerik (SN)
6. Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)

Die Unterrichts- und Prüfungssprache ist Englisch. Folgende Hauptstudienrichtungen werden in Englisch angeboten:

- Datenorientierte Optimierung (DO)
- Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)
- Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)
- Simulation und Numerik (SN)

Folgende Hauptstudienrichtungen werden in Deutsch angeboten:

- Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Sciences (MTG)
- Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)

Folgende Nebenstudienrichtungen werden in Englisch angeboten:

- Datenorientierte Optimierung (DO)
- Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)
- Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)
- Simulation und Numerik (SN)
- Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)

Folgende Nebenstudienrichtungen werden in Deutsch angeboten:

- Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Sciences (MTG)

Der genaue Studienverlaufsplan zur Haupt- und Nebenstudienrichtung sowie zum Nebenfach wird mit der Mentorin bzw. dem Mentor zu Beginn des Masterstudiums besprochen und in einer individuellen Studienvereinbarung fixiert.

Der Prüfungsausschuss sollte auf Antrag zusätzliche Module in den Wahlpflichtbereichen genehmigen können.

In den folgenden Anwendungsfächern (vgl. § 43) sollen Module im Gesamtumfang von 15 ECTS-Punkten belegt werden:

- Physik
- Chemie
- Geowissenschaften
-

Anlage 2b: Studienverlaufsplan Masterstudiengang Data Sciences

	Nr.	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
				V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Kernmodule Data Sciences	1	Mathematical Data Science (MaDS)	Mathematical Data Science	2				5	3				Mündliche Prüfung (15 Min.)	1
			Practical Mathematical Data Science		2				2					
	2	Deep Learning	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5		5			vgl FPOINF §43a	1
	3	Mathematics of Learning	Mathematics of Learning	2				5			3		Mündliche Prüfung (30 Min.)	1
			Übung Mathematics of Learning		2						2			
		Summe Kernmodule Data Sciences						15	5	5	5	0		
Hauptstudienrichtung	4	Wahlpflichtmodule aus Katalog für Hauptstudienrichtung gemäß § 49	Vgl. § 49						10	10	10	0	Vgl. § 49	1
		Summe Wahlpflichtbereich Hauptstudienrichtung						30	5-15	5-15	10	0		
Nebenstudienrichtung	5	Wahlpflichtmodule aus Katalog für Nebenstudienrichtung gemäß § 49	Vgl. § 49						10	10	0	0	Vgl. § 49	1
		Summe Wahlpflichtbereich Nebenstudienrichtung						20	5-15	5-15	0	0		
Anwendungsfach	6	Nebenfachmodule gemäß § 50	Vgl. § 50						5	0-5	5-10	0	Vgl. § 50	1
		Summe Anwendungsfach						15	5	0-5	5-10	0		

	Nr.	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul- Note
				V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Technische Schlüssel- qualifikationen	7	Freies Wahlmodul gemäß § 51	Vgl. § 51						0	0-5	0-5	0	Vgl. § 51	1
		Summe Technische Schlüsselqualifikationen						5	0	0-5	0-5	0		
Masterseminar	8	Masterseminar gemäß § 48	Masterseminar				2		0	0	5	0	Seminarleistung, gem. ABMPOMathe/NatFak, § 6	1
		Summe Masterseminar		0	0	0	2	5	0	0	5	0		
Masterarbeit	9	Masterarbeit gemäß § 48	Masterarbeit					30				25	Masterarbeit (ca. 60 Seiten; 85%) und Vortrag mit mündlicher Prüfung (ca. 60 + 15 min; 15%)	1
			Masterkolloquium									5		
		Summe Masterarbeit						30	0	0	0	30		
		Summen SWS (mind.) ¹ und ECTS-Punkte		0	0	0	2	120	30	30	30	30		

Katalog 1 für Studienrichtung „Datenorientierte Optimierung (DO)“ für Haupt- und Nebensstudienrichtung													
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Datenorientierte Optimierung	Discrete Optimization I	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5	5				vgl FPOMathe § 49	1
	Discrete Optimization II	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		10			vgl FPOMathe § 49	1
	Optimization in Industry and Economy	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5	5				vgl FPOMathe § 49	1
	Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5	5				vgl FPOMathe § 49	1
	Advanced Nonlinear Optimization	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10			10		vgl FPOMathe § 49	1
	Optimization with Partial Differential Equations	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5		5			vgl FPOMathe § 49	1
	Introduction to Material and Shape Optimization	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		10			vgl FPOMathe § 49	1
	Robuste Optimierung 2	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5		5			vgl FPOMathe § 49	1
	Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (NALIP)	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5		5			vgl FPOMathe § 49	1
	Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5		5			vgl FPOMathe § 49	1
	Summe Hauptstudienrichtung Datenorientierte Optimierung						30	5-15	5-15	10	0		
	Summe Nebensstudienrichtung Datenorientierte Optimierung						20	5-15	5-15	0	0		

Katalog 2 für Studienrichtung „Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science (MTG)“ für Haupt- und Nebensstudienrichtung													
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul -Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG)	Funktionalanalysis I	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		10			vgl FPOMathe § 49	1
	Partielle Differentialgleichungen I	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10	10			vgl FPOMathe § 49	1	
	Partielle Differentialgleichungen II	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		10			vgl FPOMathe § 49	1
	Geometrie von Mannigfaltigkeiten ¹	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		(10)	(10)		vgl FPOMathe § 49	1
Statistische Mechanik	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5			5		vgl FPOMathe § 49	1	
Einführung in die Darstellungstheorie	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		10			vgl FPOMathe § 49	1	
Lie-Algebren ¹	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		(10)	(10)		vgl FPOMathe § 49	1	
Lie-Gruppen ¹	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10		(10)	(10)		vgl FPOMathe § 49	1	
	Summe Hauptstudienrichtung Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science						30	5-15	5-15	10	0		
	Summe Nebensstudienrichtung Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science						20	5-15	5-15	0	0		

¹ Dieses Modul wird unregelmäßig angeboten.

Katalog 3 für Studienrichtung „Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)“ für Haupt- und Nebenstudienrichtung													
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul- Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)	Datenstromsysteme	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5		5			vgl FPOINF §43a	1
	Multimedia Datenbanken und Objektorientierte Datenbanken	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5	5			vgl FPOINF §43a	1	
	Datenbanken in Rechnernetzen und Transaktionssysteme ¹	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5		5		vgl FPOINF §43a	1	
	eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme ¹	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5	5			vgl FPOINF §43a	1	
	Artificial Intelligence I ¹	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				7,5	7,5			vgl. FPOINF §43a	1	
Artificial Intelligence II ¹	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				7,5		7,5		vgl. FPOINF §43a	1		
Projekt DW ²	vgl. FPOINF §44	vgl. FPOINF §44				10		(10)	(10)		vgl. FPOINF §44	1	
Summe Hauptstudienrichtung Datenbanken Wissensrepräsentation							30	5-15	5-15	10	0		
Summe Nebenstudienrichtung Datenbanken Wissensrepräsentation							20	5-15	5-15	0	0		

¹ Diese Veranstaltungen können nur gewählt werden, sofern im Bachelorstudium nicht Teilveranstaltungen bereits absolviert wurden.

² Das Modul kann wahlweise im 2. oder im 3. Semester belegt werden

Katalog 4 für Studienrichtung „Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)“ für Haupt- und Nebensstudienrichtung														
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung		SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
				V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)	Artificial Intelligence I ¹	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				7,5	7,5					vgl. FPOINF §43a	1
	Artificial Intelligence II ¹	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				7,5		7,5				vgl. FPOINF §43a	1
	Machine Learning for Time Series	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5			5			vgl. FPOINF §43a	1
	Pattern Recognition	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5	5					vgl. FPOINF §43a	1
	Pattern Analysis	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5		5				vgl. FPOINF §43a	1
	Projekt AI ²	vgl FPOINF §44	vgl FPOINF §44				10		(10)	(10)			vgl FPOINF §44	1
	Software-Anwendungen mit KI (VUE 10-ECTS) (OSS-SAKI)	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				10		10				vgl FPOINF §43a	1
	Summe Hauptstudienrichtung Machine Learning/Artificial Intelligence							30	5-15	5-15	10	0		
	Summe Nebensstudienrichtung Machine Learning/Artificial Intelligence							20	5-15	5-15	0	0		

¹ Diese Veranstaltungen können nur gewählt werden, sofern im Bachelorstudium nicht Teilveranstaltungen bereits absolviert wurden.

² Das Modul kann wahlweise im 2. oder im 3. Semester belegt werden

Katalog 5 für Studienrichtung „Simulation und Numerik (SN)“ für Haupt- und Nebensstudienrichtung

	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Simulation und Numerik (SN)	Simulation and Modeling 1 ¹	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5	5				vgl FPOINF §43a	1
	Simulation and Modeling 2	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5		5			vgl FPOINF §43a	1
	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 1 ¹	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				7,5	7,5				vgl FPOINF §43a	1
	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				7,5		7,5			vgl FPOINF §43a	1
	Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (MOSES)	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5	5				vgl FPOINF §43a	1
	Dienstgüte von Kommunikationssystemen (DKS)	vgl FPOINF §43a	vgl FPOINF §43a				5		5			vgl FPOINF §43a	1
	Projekt SN ²	vgl FPOINF §44	vgl FPOINF §44				10		(10)	(10)		vgl FPOINF §44	1

¹ Diese Veranstaltungen können nur gewählt werden, sofern im Bachelorstudium das Modul nicht bereits absolviert wurde.

² Das Modul kann wahlweise im 2. oder im 3. Semester belegt werden

Studienrichtung Simulation und Numerik (SN)	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul- Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
	Partial Differential Equations Based Image Processing	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				5		5			vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	Inverse Problems and their Regularization	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				5	5				vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	Practical Course: Modeling, Simulation, Optimization (MSO)	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				5		5			vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	PDEs in Data Science	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				5			5		vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	Partielle Differentialgleichungen I ^{1,2}	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				10	(10)		(10)		vgl FPOMathe § 49	1
	Advanced Discretization Techniques ^{1,2}	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				10	(10)		(10)		vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	Advanced Solution Techniques	vgl FPOTechnoMathe § 50	vgl FPOTechnoMathe § 50				5		5			vgl FPOTechnoMathe § 50	1
	Summe Hauptstudienrichtung Simulation und Numerik (SN)							30	5-15	5-15	10	0	
Summe Nebentudienrichtung Simulation und Numerik (SN)							20	5-15	5-15	0	0		

¹ Diese Veranstaltungen können nur gewählt werden, sofern im Bachelorstudium das Modul nicht bereits absolviert wurde.

² Das Modul kann wahlweise im 1. oder im 3. Semester belegt werden

Katalog 6 für Studienrichtung „Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)“ für Haupt- und Nebenstudienrichtung													
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Studienrichtung Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)	Stochastische Analysis	vgl FPOMathe §§ 42 und 49	vgl FPOMathe §§ 42 und 49				5			5		vgl FPOMathe §§ 42 und 49	1
	Wahrscheinlichkeitstheorie	vgl FPOMathe § 42	vgl FPOMathe § 42				10	10				vgl FPOMathe § 42	1
	Fortgeschrittene Risikoanalyse 1	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5			5		vgl FPOMathe § 42	1
	Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (MSAI)	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5	5				vgl FPOMathe § 42	1
	Advanced Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (AMSAI)	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5		5			vgl FPOMathe § 42	1
	Mathematische Statistik	vgl FPOMathe § 49	vgl FPOMathe § 49				5	5				vgl FPOMathe § 42	1
	Machine learning in signal processing	vgl. FPOASC Anlage 1a	vgl. FPOASC Anlage 1a				5	5				vgl. FPOASC Anlage 1a	1
	Lab Course Machine Learning in Signal Processing	vgl. FPOASC Anlage 1a	vgl. FPOASC Anlage 1a				2,5			2,5		vgl. FPOASC Anlage 1a	1
	Mathematical methods for machine learning and signal processing	vgl. FPOASC Anlage 1a	vgl. FPOASC Anlage 1a				5		5			vgl. FPOASC Anlage 1a	1
	Summe Hauptstudienrichtung Mathematische statistische Datenanalyse						30	5-15	5-15	10	0		
	Summe Nebenstudienrichtung Mathematische statistische Datenanalyse						20	5-15	5-15	0	0		

Modulkatalog Anwendungsfach für den Masterstudiengang Data Science: Physik															
	Modulbezeichnung		Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note	
				V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.			
Anwendungsfach Physik	P	Quantum Computing ¹	Quantum Computing	2				5	(5)		(5)		Klausur 90 Min.	1	
			Übung zur Vorlesung "Quantum Computing"		3										
	P	Experimentalphysik 1 für Mathematikstudierende ²	Experimentalphysik 1 für Physikstudierende: Mechanik	5				5	5				Klausur 90 Min.	1	
			Übungen zur Experimentalphysik 1 für Physikstudierende: Mechanik		2										
	P	Experimentalphysik 1+2 Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik ²	vgl. BMPO/Physik Anlage 2	vgl. BMPO/Physik Anlage 2				15	7,5				vgl. BMPO/Physik Anlage 2	1	
										7,5					
P	Computerphysik und numerische Methoden	vgl. BMPO/Physik Anlage 2	vgl. BMPO/Physik Anlage 2				5		5			vgl. BMPO/Materialphysik Anlage 2	1		
		Summe Anwendungsfach Physik						15	5	5	5	0			

¹ Dieses Modul findet nicht jährlich statt.

² Es darf entweder Experimentalphysik 1 für Mathematikstudierende oder Experimentalphysik 1+2 belegt werden.

Katalog 9 für Technische Schlüsselqualifikationen													
	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul- Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Technische Schlüsselqualifikationen	Rechnerkommunikation	vgl. FPOINF Anlage 1	vgl. FPOINF Anlage 1				5			5		vgl. FPOINF Anlage 1	1
	Computergraphik	vgl. FPOINF Anlage 4	vgl. FPOINF Anlage 4				5			5		vgl. FPOINF Anlage 4	1
	Softwareentwicklung in Großprojekten	vgl. FPOINF Anlage 4	vgl. FPOINF Anlage 4				5			5		vgl. FPOINF Anlage 4	1
	Nailing your Thesis	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5		5			vgl. FPOINF §43a	1
Einführung in die IT-Sicherheit	vgl. FPOINF §39a	vgl. FPOINF §39a				5			5		vgl. FPOINF §39a	1	
Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation	vgl. FPOINF Anlage 1	vgl. FPOINF Anlage 1				5		5			vgl. FPOINF Anlage 1	1	
Rechnerarchitektur	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5			5		vgl. FPOINF §43a	1	
Approximate Computing	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5			5		vgl. FPOINF §43a	1	
Katalog 9 für Technische Schlüsselqualifikationen													

	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note	
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.			
Technische Schlüsselqualifikationen	Rechnerkommunikation	vgl. FPOINF Anlage 1	vgl. FPOINF Anlage 1				5			5		vgl. FPOINF Anlage 1	1	
	SWAT-Intensivübungen	vgl. FPOINF §43a	vgl. FPOINF §43a				5			5		vgl. FPOINF §43a	1	
	Implementierung von Datenbanksystemen	vgl. FPOINF Anlage 1	vgl. FPOINF Anlage 1				5			5		vgl. FPOINF Anlage 1	1	
	Englisch Level 2: Focus on Academic Writing (SZENL2FAW) ¹						2,5		(2,5)	(2,5)			1	
Englisch Level 2: Focus on Grammar and Vocabulary (SZENL2GV) ¹						2,5		(2,5)	(2,5)			1		
Englisch Level 2: Key Discussions in the Natural Sciences (SZENL2KDNS) ¹						2,5		(2,5)	(2,5)			1		
Englisch Level 2: Holding Scientific Presentations (SZENL2HSP) ¹						2,5		(2,5)	(2,5)			1		
	Summe Technische Schlüsselqualifikationen						5	0	0-5	0-5	0			

¹ Das Modul kann wahlweise im 2. oder im 3. Semester belegt werden

	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	SWS				Gesamt ECTS	Workload-Verteilung pro Semester in ECTS-Punkten				Art und Umfang der Prüfung/Studienleistung	Faktor Modul-Note
			V	Ü	P	S		1. Sem.	2. Sem.	3. Sem.	4. Sem.		
Technische Schlüsselqualifikationen	Tutoren	vgl. FPOMathe § 45	vgl. FPOMathe § 45				5		5			vgl. FPOMathe § 45	1
	Betriebspraktikum	vgl. FPOMathe § 45	vgl. FPOMathe § 45						(5)	(5)			
	Akademische Selbstverwaltung	FSI, Gremienarbeit oder Mentoring				1	5		(5)	(5)		Projektbericht, ca. 2 Seiten	1
	Graph Routing and applications (GrRaA)	vgl. FPOMathe § 49	vgl. FPOMathe § 49				5			5		vgl. FPOMathe § 49	1
	Kryptographie I (Kry Ia) – Teil 1	vgl. FPOMathe § 49	vgl. FPOMathe § 49							5			
	Kryptographie II (Kry IIa) -Teil 1	vgl. FPOMathe § 49	vgl. FPOMathe § 49				5		5			vgl. FPOMathe § 49	1
	Lineare Komplementaritätsprobleme	vgl. FPOMathe § 49	vgl. FPOMathe § 49						5				
	Projektseminar Optimierung (ProO)	vgl. FPOMathe § 49	vgl. FPOMathe § 49				5		5			vgl. FPOMathe § 49	1
	Summe Technische Schlüsselqualifikationen						5	0	0-5	0-5	0		

Kernmodule Data Science (M1 – M3)

1	Modulbezeichnung	MaDS: Mathematical Data Science	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Mathematical Data Science (V) Practical Mathematical Data Science (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Profs. Drs. M. Burger, Dr. D. Tenbrinck	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. M. Burger	
5	Inhalt	- Machine learning: empirical risk minimization, kernel methods and variational models - Mathematical aspects of deep learning - Ranking problems - Mathematical models of network interaction	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - develop understanding of modern big data and state of the art methods to analyze them, - apply state of the art algorithms to large data sets, - derive models for network / graph structured data.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Prerequisites: Basic knowledge in numerical methods and optimization is recommended.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mandatory module for: - M. Sc. Data Sciences Mandatory elective module for: - M. Sc. Computational and Applied Mathematics Elective module for: - M. Sc. Mathematics - M. Sc. Mathematics and Economics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	oral examination (15 minutes)	
11	Berechnung Modulnote	Grading procedure 100% based on oral examination	
12	Turnus des Angebots	Module frequency Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Contact hours: 60 hrs Independent study: 90 hrs	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	Courville, Goodfellow, Bengio, Deep Learning, MIT Press, 2015 Hastie, Tibshirani, Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2008	

1	Modulbezeichnung	Deep Learning	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Deep Learning (V) Deep Learning Exercises (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Maier Tobias Würfl Dr. Vincent Christlein Lennart Husvogt	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Maier	
5	Inhalt	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	Lernziele und Kompetenzen	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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Introduction to Pattern Recognition	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul: - M. Sc. Data Sciences Wahlpflichtmodul: - M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	30-minütige mündliche Prüfung über den Stoff der Vorlesung und der Übungen. Voraussetzung ist die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- 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, 436–444 (28 May 2015)	

1	Modulbezeichnung	Mathematics of Learning	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Mathematics of Learning Übung Mathematics of Learning	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Dozentinnen und Lehrende des Departments Mathematik	
4	Modulverantwortliche/r	N.N.,	
5	Inhalt	Es werden fortgeschrittene Methoden des mathematischen Data Science gelehrt, mit Fokus auf der Vermittlung mathematischer Grundlagen von Lernverfahren	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden verfügen über grundlegende theoretische Erkenntnisse zu Lernmethoden in Data Science und können die vermittelten Lernmethoden im Data Science Kontext anwenden.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Es wird empfohlen, das Kernmodul Mathematical Data Science (M1) bestanden zu haben.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul: - M. Sc. Data Sciences	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung 30 Minuten	
11	Berechnung Modulnote	100% Prüfungsleistung	
12	Turnus des Angebots	1 x Jährlich im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

Modulkatalog (M4a/M5a): Studienrichtung „Datenorientierte Optimierung (DO)“

1	Modulbezeichnung	Discrete Optimization I	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Discrete Optimization I (V) Tutorials to Discrete Optimization I (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alexander Martin	
5	Inhalt	Die Vorlesung behandelt theoretische und praktische Grundlagen zur Lösung schwieriger gemischt-ganzzahliger linearer Optimierungsprobleme (MIPs). Zunächst werden Kerndefinitionen der NP-Vollständigkeit behandelt und einige der bekannten NP-vollständigen Probleme vorgestellt. Im Bereich der Polyedertheorie werden die Grundlagen der Seitenstruktur konvexer Polyeder behandelt. Darauf aufbauend werden Schnittebenenverfahren sowie Branch-and-Cut Verfahren zur Lösung von MIPs gelehrt. Abschließend studieren wir einige klassische Probleme der Diskreten Optimierung wie das Rucksack-Problem, das Traveling-Salesman-Problem oder das Set-Packing-Problem.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - verfügen über grundlegende theoretische Erkenntnisse zur Lösung gemischt-ganzzahliger linearer Optimierungsprobleme (MIPs), - können MIPs mittels verfügbarer Standard Software lösen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Lineare Algebra, - Kombinatorische Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DO) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 min)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014 - B. Grünbaum, Convex Polytopes, Springer, 2003 - B. Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization, Springer 2005 - G. L. Nemhauser, L.A. Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994 - A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley 1986 - L.A. Wolsey: Integer Programming, Wiley 1998 - G. Ziegler, Lectures on Polytopes, Springer, 1995	

1	Modulbezeichnung	Discrete Optimization II	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Discrete Optimization II (V) Tutorials to Discrete Optimization II (Ü)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Alexander Martin	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alexander Martin	
5	Inhalt	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung schwieriger ganzzahliger und gemischt-ganzzahliger Optimierungsprobleme. Wir behandeln zunächst die Äquivalenz von Separierung und Optimierung. Danach werden grundlegende Ergebnisse über ganzzahlige Polyeder sowie Gitter und Gitterpolytope aus dem Gesichtspunkt der Diskreten Optimierung bereitgestellt. Zur Lösung großer diskreter Optimierungsprobleme werden Dekompositionsverfahren sowie auf linearer Optimierung basierende Approximationsalgorithmen und Heuristiken vorgestellt. Abgerundet und ergänzt wird die Vorlesung durch die Behandlung aktueller Fragestellungen aus Bereichen wie den Ingenieurwissenschaften, dem Finanz- und Energiemanagement und öffentlichen Personenverkehr.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - verwenden die grundlegenden Begriffe aus der Theorie der Diskreten Optimierung; - modellieren selbständig diskrete Optimierungsprobleme aus der Praxis; - stufen deren Schwierigkeitsgrade ein und lösen sie mit geeigneten mathematischen Verfahren.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Diskrete Optimierung I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DO) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (20 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- D. Bertsimas, R. Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005 - Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014 - G. L. Nemhauser, L.A. Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994 - A. Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A - C, Springer 2003 - A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986 - L.A. Wolsey: Integer Programming, Wiley 1998	

1	Modulbezeichnung	Optimization in Industry and Economy	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Optimization in Industry and Economy (V) (Optimierung in Industrie und Wirtschaft) Tutorial to Optimization in Industry and Economy (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Francisco Javier Zaragoza Martínez	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers	
5	Inhalt	Schwerpunkt dieses Moduls ist die Modellierung von Optimierungsproblemen aus der industriellen und wirtschaftlichen Praxis. Vor- und Nachteile unterschiedlicher Modellierungen werden diskutiert, und es werden geeignete Reformulierungen in Hinblick auf effektive Lösbarkeit vorgestellt. Numerische Ergebnisse werden diskutiert. Die Studierenden erlernen sowohl eine sinnvolle Darstellung von Optimierungsergebnissen als auch ihre Interpretation und Auswertung für die Praxis. Themen sind beispielsweise die Optimierung von Versorgungsnetzwerken (Gas, Wasser, Strom), Flugplanung oder mathematische Modellierung und Optimierung zur Bewertung von Marktmechanismen im Energiebereich.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - modellieren komplexe Optimierungsprobleme aus der Praxis mit Blick auf effektive Lösbarkeit; - klassifizieren die Modelle und nutzen die passenden Lösungsverfahren; - bewerten die erzielten Ergebnisse.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Lineare Algebra (Alternativ Mathematik für Data Sciences 1 und 2) - Lineare und Kombinatorische Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch und Deutsch	
16	Literaturhinweise	-	

1	Modulbezeichnung	Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization (V) 2 SWS Übung Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization (Ü) 0,5 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Stingl	
5	Inhalt	Several of the following topics: - Trust region methods - Iterative methods in the presence of noisy data - Interior point methods for nonlinear problems - Modified barrier and augmented Lagrangian methods - Local and global convergence analysis	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - use methods of nonlinear constrained optimization in finite dimensional spaces, - analyse convergence behaviour of these methods and derive robust and -fficient realisations, - apply these abilities to technical and economic applications.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mandatory elective module for: - M. Sc. in Data Sciences (DO) - M. Sc. in Computational and Applied Mathematics - M. Sc. in Mathematics - M. Sc. in Mathematics and Economics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 37,5 h Eigenstudium: 112,5 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- C.T. Kelley, Iterative Methods for Optimization, SIAM, - J. Nocedal, S. Wright, Numerical Optimization, Springer.	

1	Modulbezeichnung	Advanced Nonlinear Optimization	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Advanced Nonlinear Optimization (V) Übung Advanced Nonlinear Optimization (Ü)	4 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger	
5	Inhalt	- Vertiefung von Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme - Vertiefung der Theorie und Algorithmen zur Barriere- und Penalty-Verfahren - erweiterte Penalty-Funktionen - Innere-Punkte-Methoden - Quadratische Optimierung - SQP-Verfahren - Einblick in spezielle Problemklassen und Optimierungsverfahren (z.B. Semidefinite Programmierung, Conic Programming etc.)	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erklären und erweitern die Grundlagen zur Theorie und zu numerischen Verfahren der Nichtlinearen Optimierung - erklären und verwenden grundlegende Konzepte von Lösungsmethoden und modellieren und lösen Anwendungsprobleme, etwa aus Technik oder Ökonomie, mathematisch korrekt.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Nichtlineare Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mandatory elective module for: - M. Sc. in Data Sciences (DO) - M. Sc. in Computational and Applied Mathematics - M. Sc. in Mathematics - M. Sc. in Mathematics and Economics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- M.S.Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming - Theory and Algorithms, Wiley, New York, 1993 - J. Nocedal, S. Wright, Numerical Optimization, Springer 2006	

1	Modulbezeichnung	Optimization with Partial Differential Equations	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Optimization with Partial Differential Equations (V) Übung Optimization with Partial Differential Equations (Ü)	2 SWS 0,5 SWS
3	Lehrende	Dr. Falk Hante	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Stingl	
5	Inhalt	Several of the following topics: - System and control theory for partial differential equations - Optimization theory in Banach and Hilbert spaces - Optimality conditions for problems with control and state constraints - Sensitivity analysis, singular perturbations and asymptotics - Optimization methods in Banach spaces - Technical, medical and economic applications	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - extensively explain and use the theory as well as numerical methods for optimization, control and stabilization in the broad of problems with partial differential equations - apply these abilities to technical and economic applications.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basic knowledge in numerics, partial differential equations and nonlinear optimization is recommended.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mandatory elective module for: - M. Sc. in Data Sciences (DO) - M. Sc. in Computational and Applied Mathematics - M. Sc. in Mathematics - M. Sc. in Mathematics and Economics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- F. Tröltzsch: Optimal Control of Partial Differential Equations, AMS - M. Hinze et al.: Optimization with PDE constraints, Springer - G. Leugering & P. Kogut: Optimal Control of PDEs in Reticulated Domains, Birkhäuser	

1	Modulbezeichnung	Introduction to Material and Shape Optimization	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Introduction to Material and Shape Optimization (V) Übung Introduction to Material and Shape Optimization (Ü)	4 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl Prof. Dr. Günter Leugering	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Stingl	
5	Inhalt	- shape, material and topology optimization models - linear elasticity and contact problems - existence of solutions of shape, material and topology optimization problems - approximation of shape, material and topology optimization problems by convergent scheme	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - derive mathematical models for shape, material and topology optimization problems, - apply regularization techniques to guarantee to existence of solutions, - approximate design problems by finite dimensional discretizations, - derive algebraic forms and solve these by nonlinear programming techniques	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Knowledge in nonlinear optimization Basic knowledge in numerics of partial differential equations is recommended.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mandatory elective module for: - M. Sc. in Data Sciences (DO) - M. Sc. in Computational and Applied Mathematics - M. Sc. in Mathematics - M. Sc. in Mathematics and Economics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- J. Haslinger, R. Mäkinen; Introduction to shape optimization, SIAM, - M.P. Bendsoe, O. Sigmund; Topology Optimization; Theory, Methods and Applications, Springer	

1	Modulbezeichnung	Robuste Optimierung 2 (Robust Optimization II)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Robust Optimization II (V) Tutorials to Robust Optimization II (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers	
5	Inhalt	Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten zulässig sind. Die Vorlesung behandelt fortgeschrittene Methoden der robusten Optimierung in Theorie und Modellierung, insbesondere robuste Netzwerkflüsse, robuste ganzzahlige Optimierung und robuste Approximation. Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die „light robustness“ oder die justierbare Robustheit gelehrt.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erkennen selbstständig komplexe Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet mit fortgeschrittenen Methoden der robusten Optimierung und analysieren diese; - nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Robuste Optimierung I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DO) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (NALIP)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Lecture Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (V) 2 SWS Tutorials to Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (Ü) 0,5 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. A. Martin	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. A. Martin	
5	Inhalt	Revised Simplex (with bounds) Simplex Phase I Dual Simplex LP Presolve/Postsolve Scaling MIP Solution Techniques	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - are able to explain and use methods and numerical approaches for solving linear - and mixed-integer programs in practice	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Knowledge in linear algebra and combinatorial optimization is recommended.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc. Data Sciences (DO) - M. Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	oral exam (15 minutes)	
11	Berechnung Modulnote	oral exam (100%)	
12	Turnus des Angebots	Summer semester (not annually) To check whether the course is offered, see UnivIS univis.fau.de or module handbook of current semester	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 37,5 h Eigenstudium: 112,5 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	English	
16	Literaturhinweise	- V. Chvátal: Linear Programming, W. H. Freeman and Company, New York, 1983 - L.A. Wolsey: Integer Programming, John Wiley and Sons, Inc., 1998	

1	Modulbezeichnung	Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz (MGzDANNuKI) Mathematical Foundations of Data Analytics, Neural Networks, and Artificial Intelligence	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz (V) 2 SWS Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz (Ü) 1 SWS	
3	Lehrende	Dr. Hans Georg Zimmermann	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alexander Martin	
5	Inhalt	Künstliche Intelligenz Forschung ist der Versuch menschenähnliche Denkprozesse auf Maschinen zu übertragen. Mit Hilfe von Neuronalen Netzen sind Computer in der Lage mathematische Prozesse aus Daten zu erlernen. Die erste Hälfte der Veranstaltung widmet sich Feedforward-Netzen. Wir erklären wichtige Begriffe wie Universal Approximation Theorem, Pattern by Pattern Learning, Error-Function und den Backpropagation-Algorithmus. Darüber hinaus wenden wir Feedforward-Netze zur Nichtlinearen Regression, Klassifizierung, Bilderkennung und als Autoencoder an. Weiterhin betrachten wir komplexwertige neuronale Netze und Neuro-Fuzzy Systeme. Die zweite Hälfte der Veranstaltung widmet sich Rekurrenten-Netzen. Mit Hilfe dieser sind wir in der Lage dynamische Prozesse zu modellieren. Wir erklären das Prinzip von Error-Correction und zeigen die unterschiedlichen Modellierungskonzepte für kausale und retro-kausale Systemen. Eine besondere Rolle spielen dynamische Systeme auf Mannigfaltigkeiten. Abschließend widmen wir uns Neuronalen Netzen im Kontext von optimalen Steuerungsproblemen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - Erkennen selbständig Aufgabenstellungen, in denen Neuronale Netze eine hilfreiche Lösungsmethode sind - Sind in der Lage die richtigen Netzstrukturen für echte Anwendungsprobleme Probleme zu konstruieren	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Mathematische Grundlagen aus dem Bachelor-Studium	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DO) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	Ein Semester (Vorlesung als Blockveranstaltung vor Semesterbeginn)	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

Modulkatalog (M4b/M5b): Studienrichtung „Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science“

1	Modulbezeichnung	Funktionalanalysis I (Functional analysis I)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Funktionalanalysis I (V) 4 SWS Übung zu Funktionalanalysis (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Günther Grün	
5	Inhalt	Grundlagen zu folgenden Themen: - Hilbert- und Banach-Räume - Sobolev-Räume - Lineare Operatoren - Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach - Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit - Kompakte Operatoren - Lösbarkeit linearer Gleichungen (inklusive Fredholm'sche Alternative) - Spektraltheorie kompakter Operatoren und Anwendungen	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - nennen und erklären die Grundprinzipien der linearen Funktionalanalysis und verwenden diese; - kennen und erklären die Topologien von Hilbert- und Banachräumen, weisen Konvergenz von Folgen in unterschiedlichen Topologien nach (stark, schwach) und zeigen Implikationen aus kompakten Einbettungen auf; - beweisen Aussagen zu Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen linearer Operatorgleichungen und zeigen insbesondere die Existenz schwacher Lösungen zu Randwertproblemen bei linearen elliptischen Differentialgleichungen; - treffen Aussagen zur Integrierbarkeit bzw. Glattheit von Sobolev-Funktionen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Drei der vier Module Lineare Algebra I und II, Analysis I und II sollten bestanden sein.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - B. Sc. Mathematik - B. Sc. Wirtschaftsmathematik - B. Sc. Technomathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Min.) und Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- H.W. Alt: Lineare Funktionalanalysis; Springer-Verlag - D. Werner: Funktionalanalysis; Springer-Verlag	

1	Modulbezeichnung	Partielle Differentialgleichungen I (Partial Differential Equations I)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Partielle Differentialgleichungen I (V) Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I (Ü)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Sara Daneri	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Günther Grün	
5	Inhalt	- schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung - Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) - Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen - verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und „schwache“ Zugänge zu Existenzresultaten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Analysis-Module des Bachelorstudiums (Alternativ Mathematik für Data Sciences 1 und 2)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - B. Sc. /M. Sc. Mathematik - B. Sc. /M. Sc. Wirtschaftsmathematik - B. Sc. Technomathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1. Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 - L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 - D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983	

1	Modulbezeichnung	Partielle Differentialgleichungen II (Partial Differential Equations II)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Seminar zu Partielle Differentialgleichungen II (S)	4 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jens Habermann	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Jens Habermann	
5	Inhalt	- Existenzsätze für elliptische Differentialgleichungen - Regularitätstheorie für elliptische Differentialgleichungen - Hölderstetigkeit von schwachen Lösungen und Regularitätsbeweise	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden wenden Methoden für Existenzbeweise bei nichtlinearen Gleichungen an, und erweitern ihr Methodenspektrum für Lösungskonzepte und Eindeutigkeitsresultate.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Partielle Differentialgleichungen I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (20 min)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h	
14	Dauer des Moduls	2. Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS 1997 - D. Gilbarg, N. S. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983 - E. DiBenedetto, Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 - E. Giusti, Direct methods in the calculus of variations. World Scientific Publishing 2003	

1	Modulbezeichnung	Geometrie von Mannigfaltigkeiten (Geometry of manifolds)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Geometrie von Mannigfaltigkeiten (V) Übung zu Geometrie von Mannigfaltigkeiten (Ü)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jan Frahm	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl-Hermann Neeb	
5	Inhalt	Eine Auswahl aus den folgenden Themen: - Mannigfaltigkeiten (Tangentialvektoren, Vektorfelder, Flüsse) - Differentialformen (Orientierung, Integration) - Affine Zusammenhänge (Paralleltransport, Krümmung, Geodäten) - (Semi-)Riemannsche Strukturen - Symplektische und Poisson-Strukturen - Liegruppen und glatte Wirkungen	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - nennen und erklären die grundlegende Theorie der Mannigfaltigkeiten und ihrer Struktur, - erkennen und verwenden zusätzliche geometrische Strukturen auf Mannigfaltigkeiten wie zum Beispiel affine Zusammenhänge, Riemannsche Metriken oder symplektische Formen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Grundkenntnisse in Topologie und Gewöhnliche Differentialgleichungen	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (20 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch und Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	- R. Berndt: Einführung in die Symplektische Geometrie - S. Lang: Fundamentals of Differential Geometry - F. Warner: Foundations of differentiable manifolds and Lie groups	

1	Modulbezeichnung	Statistische Mechanik (Statistical mechanics)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Statistische Mechanik (V) Übung zu Statistische Mechanik (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. A. Knauf	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. A. Knauf	
5	Inhalt	- Gibbsmaße und DLR-Gleichungen - Quantenstatistik - KMS-Zustände - Phasenübergänge - Thermodynamischer Formalismus	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erklären und verwenden Grundprinzipien der Statistischen Mechanik. - Insbesondere sind sie in der Lage, Kriterien für Existenz oder Nichtexistenz von Phasenübergängen anzuwenden.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Lineare Algebra, Analysis (Alternativ Mathematik für Data Sciences 1 und 2) - Stochastische Modellbildung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Simon, Statistical Mechanics - Bratteli, Robinson, Operator algebras and statistical mechanics - Georgii, Gibbs Measures and Phase Transitions	

1	Modulbezeichnung	Einführung in die Darstellungstheorie (Introduction to representation theory)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Einführung in die Darstellungstheorie (Vo) Übung zu Einführung in die Darstellungstheorie (UE)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Catherine Meusburger	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Fiebig Prof. Dr. Friedrich Knop	
5	Inhalt	- Darstellungen endlicher Gruppen - Moduln über Ringen - Halbeinfache Ringe - Weiterführende Themen wie Darstellungstheorie von Köchern, Darstellungstheorie symmetrischer Gruppen, Schur-Weyl-Dualität, elementare Darstellungstheorie von Lie-Algebren	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - nennen und erläutern die grundlegenden Begriffe der Darstellungstheorie anhand beispielhaft ausgewählter Kapitel und erkennen und erklären deren Zusammenhänge; - ordnen Methoden aus der Algebra in einen übergreifenden Kontext ein und wenden diese an; - analysieren und bewerten algebraische Strukturen und erkennen Zusammenhänge; - klassifizieren und lösen selbstständig algebraische Probleme.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Modul Algebra	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Min.) und Praktische Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Lang: Algebra	

1	Modulbezeichnung	Lie-Algebren (Lie algebras)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Lie-Gruppen (Vo) Übung Lie-Gruppen (UE)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Fiebig	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl-Hermann Neeb	
5	Inhalt	Grundlagen zu folgenden Themen: - Definition einer Lie-Algebra, Definition von Darstellungen - Beispiele von Lie-Algebren - Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren - Halbeinfache Lie-Algebren - Wurzelsysteme und die Klassifikation halbeinfacher Lie-Algebren - Charakterformeln	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erklären und verwenden die grundlegenden Begriffe in der Struktur- und Darstellungstheorie von Lie-Algebren - erläutern insbesondere beispielhaft Klassifikationsprinzipien in der Mathematik	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen Grundkenntnisse in Algebra	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- J. Humphreys: Introduction to Lie algebras and representation theory, Springer	

1	Modulbezeichnung	Lie-Gruppen (Lie groups)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Lie-Gruppen (Vo) Übung Lie-Gruppen (UE)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Fiebig	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl-Hermann Neeb	
5	Inhalt	- Abgeschlossene Untergruppen, Quotienten, homogene Räume - Überlagerungen von Lie-Gruppen, Strukturtheorie, Integrationsprobleme - Elementare Anwendungen in der Darstellungstheorie	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - verwenden die grundlegenden Methoden der Lie'schen Gruppentheorie und insbesondere den Übersetzungsmechanismus von Lie- Algebra zur Gruppe mittels der Exponentialfunktion. - ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra, Geometrie und Analysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen - Grundkenntnisse über Mannigfaltigkeiten (Vektorfelder, Flüsse), - Grundkenntnisse in Topologie (Bogenzusammenhang, Überlagerungen)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (MTG) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Hilgert/Neeb, Structure and Geometry of Lie Groups	

Modulkatalog (M4c/M5c): Studienrichtung „Datenbanken Wissensrepräsentation (DW)“

1	Modulbezeichnung	Datenstromsysteme (DataStream Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Datenstromsysteme (V) 2 SWS Übung Datenstromsysteme (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
5	Inhalt	Datenströme gibt es schon lange. Sie fließen als Nachrichten durch Netze, werden in Protokolldateien abgelegt (und dort oft vergessen oder nur bei Problemen im nachhinein konsultiert), werden zur Anzeige gebracht, gefiltert, ausgewertet, transformiert usw. Beispiele sind die unterschiedlichsten Arten von Messwerten (Temperatur, Helligkeit, Feuchtigkeit, Druck, chemische Zusammensetzung), Börsen- und Wirtschaftsnachrichten (Preise), Gebote in Online-Auktionen, Aktionen in Rechnersystemen (Anmeldungen, Zugriffe, Programmausführungen), um nur ein paar zu nennen. Bislang wurden die Systeme zur Verarbeitung dieser Datenströme als Individuallösungen erstellt, oft sogar auf sehr speziellen Plattformen (SPS). Um das Jahr 2000 herum begann sich auch die Datenbank-Forschung mit diesem Problem zu befassen, weil man erkannt hatte, dass sich eine Reihe von Techniken dieses Gebiets auch auf Datenströme anwenden lassen, vor allem die Anfrageverarbeitung und -optimierung, aber auch Verteilung und Datenunabhängigkeit. Damit lassen sich auch für die Verarbeitung von Datenströmen generische Lösungen erstellen - so wie Datenbanksysteme eine generische Lösung für die Auswertung gespeicherter Daten sind. Die nun entstehenden Datenstromsysteme werden in diesem Modul vorgestellt. Diskutiert werden dabei u.a. - Anfragesprachen - Schemastrukturen - Sensornetze als eine der wichtigsten Datenquellen - Anfrageauswertung und -optimierung - Architekturen - Anwendungsszenarien	
6	Lernziele und Kompetenzen	DSS: Die Studierenden: - beschreiben Datenstromsysteme als neues Systemkonzept; - grenzen Datenstromsysteme von Datenbanksystemen ab; - erklären ein Datenstrommanagementsystem; - grenzen Datenstromverarbeitung von Complex-Event Processing ab; - charakterisieren Datenstromquellen und ihre Anbindung an das System; - unterscheiden Zeitmodelle für Datenströme; - zählen die wichtigsten Datenstrom-Operatoren auf; - trennen blockierende von nicht blockierenden Operatoren; - unterscheiden die verschiedenen Arten von Fensterdefinitionen; - benennen den Ansatz und die Vorgehensweise des DSAM-Projekts; - charakterisieren kurz die Datenstromsysteme Aurora, STREAM, Cayuga, Esper und PIPES; - erläutern den Umgang mit Abweichungen von der Ordnung in Aurora; - erklären die Operatoren NEXT und FOLD in Cayuga; - verstehen die drei Datenstrommodelle von PIPES; - erklären den Begriff "Schnappschuss-Reduzierbarkeit"; - beschreiben die unterschiedlichen Semantiken von zeitbasierten Fenstern anhand des SECRET-Modells; - können Techniken der lokalen und verteilten Optimierung von Datenstromanfragen nennen; - erklären Eddies als Mittel der dynamischen Optimierung; - zählen verschiedene Anwendungsszenarien von Datenstromsystemen auf; - formulieren Anfragen in einer Anfragesprache für Datenstromsysteme; - überprüfen Aufgabenstellungen bei der Auswertung von Daten daraufhin, ob sie mit Hilfe eines Datenstromsystems gelöst werden können. bei DSSmUeb zusätzlich: Die Studierenden - kennen die Vor- und Nachteile der Techniken zur Tupelinvalidierung; - kennen das Problem, das bei der Kombination von Anwendungszeit und tupelbasierten Fenstern entsteht; - erstellen eine SQL-Anfrage, die aus einem Einzelmessungsstrom einen Turnstile-Strom erzeugt;	

		- erklären die Bedeutung der beiden Funktionen "windows" und "wids", die Dave Maier eingeführt hat; - diskutieren den Resample-Operator von Aurora.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DW) - M. Sc. Informatik -
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und unbenotete Übungsleistung
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Die Literatur zu Datenstromsystemen ist derzeit noch sehr forschungsorientiert; es sind einzelne Aspekte in Artikeln dargestellt, aber es gibt nur wenige Übersichtsarbeiten und schon gar kein Standardwerk. Insofern ist die folgende Liste zwangsläufig unvollständig und laufenden Änderungen unterworfen. - GOLAB, Lukasz ; ÖZSU, M. Tamer: Data Stream Management. Milton Keynes UK : Morgan & Claypool Publishers, 2010 (Synthesis Lectures on Data Management 5). - ISBN 9781608452729 . - 14Gl mat 17.6.5-126 - Aggarwal, Charu C. (Hrsg.): Data Streams : Models and Algorithms. Boston/Dordrecht/London : Kluwer Academic Publishers, 2006 - Motwani, Rajeev ; Widom, Jennifer, u.a.: Query Processing, Resource Management, and Approximation in a Data Stream Management System. In: Proc. 1st Biennial Conf. on Innovative Data Systems Research (CIDR, Asilomar, CA, USA, January 5-8, 2003). - Online Proceedings - Golab, Lukasz ; Özsu, M. Tamer: Data Stream Management Issues - A Survey. Technical Report CS-2003-08, Waterloo 2003 - Golab, Lukasz ; Özsu, M. Tamer: Issues in Data Stream Management. ACM SIGMOD Record 32 (June 2003) issue 2, pp. 5-14 - Arasu, Arvind ; Babu, Shivnath ; Widom, Jennifer: The CQL Continuous Query Language : Semantic Foundations and Query Execution. VLDB Journal 15 (June 2006) no. 2, pp. 121-142 - Bry, Francois ; Furche, Tim ; Olteanu, Dan: Datenströme. Technical Report PMS-FB-2004-2, München 2004 - Koudas, Nick ; Srivastava, Divesh: Data Stream Query Processing. In: Proc. VLDB 2003

1	Modulbezeichnung	Multimedia-Datenbanken und Objektorientierte Datenbanken (Multimedia Databases and Object-oriented Databases)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Multimedia Datenbanken (V) Objektorientierte Datenbanken (V)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
5	Inhalt	MMDB: Datenbanksysteme sind heute als Kernkomponenten verschiedenster komplexer Computeranwendungssysteme im Einsatz. Gegenwärtig konzentrieren sich die Bemühungen in Forschung, Entwicklung und Anwendung darauf, sog. Non-Standard-Anwendungen zu erschließen. Neben Komplexen Objekten, die in der Lehrveranstaltung "Objektorientierte Datenbanken" diskutiert werden, sind zunehmend auch multimediale Datenobjekte - digitalisierte Bilder, Tonaufnahmen, Videosequenzen - zu verwalten, für die sich ebenfalls die Frage einer Speicherung in Datenbanken stellt. Diese Lehrveranstaltung befasst sich deshalb mit den Konsequenzen für die Datenbanktechnik und stellt den heute erreichten Stand wie auch die laufenden Forschungsaktivitäten dar. Im Einzelnen werden dazu behandelt: - Eigenschaften von Multimedia-Daten - spezifische Strukturen und Suchmethoden bei Text, Graphik, Rasterbild, Audio und Video - Speichersysteme für Multimedia - Abstrakte Datentypen für Medienobjekte - Relationale Schemata - SQL-Erweiterungen, SQL/MM - objektorientierte Multimedia-DBVS OODB: Die Lehrveranstaltung ist als weiterführende Datenbank-Lehrveranstaltung konzipiert; die einführenden sollten Aufbau und Benutzung relationaler Datenbanksysteme bereits abgehandelt haben. Dies wird nun wie folgt ausgebaut: Neben dem relationalen gibt es noch viele andere Datenmodelle unterschiedlichster Verbreitung. Nach einem kurzen Blick auf hierarchische und Netzwerk-Datenmodelle, die zwar veraltet, in der Praxis aber durchaus noch anzutreffen sind, werden modernere Konzepte betrachtet. Das relationale Datenmodell ist vielfältig erweitert worden, wobei die meisten Vorschläge inzwischen in Produkte eingeflossen sind, die als objektorientierte oder objektrelationale DBS bezeichnet werden. Dies dient der Unterstützung neuer Anwendungsgebiete, so z.B. CAD/CAM, CIM, wissensbasierte Systeme, Bildverarbeitung, geographische Informationssysteme und Multimedia-Informationssysteme. Zugleich soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Programmentwicklung zunehmend in objektorientierten Programmiersprachen wie Java erfolgt und dass die verwendete Datenbank sich möglichst direkt an diese Programmiersprachen anpassen sollte. Im Einzelnen werden also behandelt: - nicht-relationale Datenmodelle: hierarchisch, Netzwerk - Probleme mit relationalen Systemen in Anwendungen wie GIS und CAD - verschiedene Definitionen von Objektorientierung - das ODMG-Modell - Persistenz von Objekten und Anbindung an Programmiersprachen - Objektrelationale Datenbanken, SQL:1999	
6	Lernziele und Kompetenzen	MMDB: Die Studierenden - charakterisieren multimediale Datenobjekte im Unterschied zu den bisher in Datenbanken verwalteten; - beschreiben Geräte- und Formatunabhängigkeit als Dienstleistung von Multimedia-DBS; - unterscheiden die fünf wichtigsten Arten von Medien; - diskutieren den Aufbau von Medienobjekten; - beschreiben die Einbindung von Medienobjekten in das Schema einer Datenbank; - charakterisieren die strukturellen Eigenschaften der Daten eines Medientyps; - diskutieren die Suche nach Daten eines Medientyps; - stellen ein Schema einer relationalen Datenbank mit Medienobjekten auf; - demonstrieren den Zugriff auf eine Multimedia-Datenbank mit SQL. OODB: Die Studierenden - beschreiben das hierarchische Datenmodell; - beschreiben das CODASYL-Netzwerk-Modell; - erklären das Problem der Komplexen Objekte in Relationalen Datenbanken;	

		- diskutieren das Modell der geschachtelten Relationen (NF2); - abstrahieren die zentralen Konzepte der Objektorientierung; - erkennen die besonderen Merkmale des ODMG-Modells; - formulieren Anfragen in der OQL; - beschreiben die verschiedenen Modelle für Persistente Objekte; - bilden objektorientierte Schemata auf Relationale ab; - beschreiben die Funktionsweise eines OR-Mapping-Frameworks; - abstrahieren zum Prinzip der semistrukturierten Daten; - kennen objekt-relationale Strukturen in der Fassung von SQL:1999; - kritisieren NoSQL-Systeme und das CAP-Theorem.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DW) - M. Sc. Informatik
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 Min.)
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h, Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	MMDB: - MEYER-WEGENER, Klaus: Multimediale Datenbanken. 2., überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart : Teubner, 2003 (Leitfäden der angewandten Informatik). - ISBN 3-519-12419-X [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - LU, Guojun: Multimedia Database Management Systems. Boston, London : Artech House, 1999. - ISBN 0-89006-342-7 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] (14GI mat 17.6.4-174) - SUBRAHMANIAN, V.S.: Principles of Multimedia Database Systems. San Francisco : Morgan Kaufmann, 1998. - ISBN 1-55860-466-9 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - KHOSHAFIAN, Setrag ; BAKER, A. Brad: MultiMedia and Imaging Databases. San Francisco : Morgan Kaufmann, 1996. - ISBN 1-55860-312-3 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - HENRICH, Andreas: Information Retrieval 1 : Grundlagen, Modelle und Anwendungen. Bamberg : Otto-Friedrich-Universität, 2007. - Lehrtext. - URL http://www.uni-bamberg.de/minf/IR1-Buch OODB: - ABITEBOUL, Serge ; BUNEMAN, Peter ; SUCIU, Dan: Data on the Web : From Relations to Semistructured Data and XML. San Francisco : Morgan Kaufmann, 2000. - ISBN 1-55860-622-X [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - GEPPERT, Andreas: Objektrelationale und objektorientierte Datenbankkonzepte und -systeme. Heidelberg : dpunkt, 2002. - ISBN 3-89864-124-4 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - HEUER, Andreas: Objektorientierte Datenbanken : Konzepte, Modelle, Standards und Systeme. 2., aktualisierte und erweiterte Aufl. Bonn : Addison-Wesley, 1997. - ISBN 3-89319-800-8 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] (im Buchhandel nicht mehr lieferbar, aber: 14GI/mat 17.6.1-495b) - LAUSEN, Georg ; VOSSEN, Gottfried: Objekt-orientierte Datenbanken : Modelle und Sprachen. München : R. Oldenbourg Verlag, 1996. - ISBN 3-486-22370-4 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] (im Buchhandel nicht mehr lieferbar, aber: T00/mat 17.6.1-622, 14GI/mat 17.6.1-623) - MEIER, Andreas ; WÜST, T.: Objektorientierte und objektrelationale Datenbanken : Ein Kompass für die Praxis. 3., überarb. und aktual. Aufl. Heidelberg : dpunkt, 2003. - ISBN 3-89864-191-0 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - SAAKE, Gunter ; SCHMITT, I. ; TÜRKER, Can: Objektdatenbanken : Konzepte, Sprachen, Architektur. Bonn : International Thomson Publishing, 1997. - ISBN 3-8266-0258-7 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] (im Buchhandel nicht mehr lieferbar, aber: 14GI/mat 17.6.1-649) - TÜRKER, Can: SQL:1999 & SQL:2003 : Objektrelationales SQL, SQLJ & SQL/XML. Heidelberg : dpunkt, 2003. - ISBN 3-89864-219-4 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]

1	Modulbezeichnung	Datenbanken in Rechnernetzen und Transaktionssysteme (Distributed Databases and Transaction Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Datenbanken in Rechnernetzen (V) Transaktionssysteme / Transaction Systems (V)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Richard Lenz	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Richard Lenz	
5	Inhalt	<u>Datenbanken in Rechnernetzen:</u> Rechnernetze entsprechen dem momentanen Stand der Technik; isolierte Rechnersysteme nehmen an Zahl und Bedeutung ab. Das Betreiben von Datenbanksystemen in Rechnernetzen erfordert neuartige Konzepte, die über die einer zentralisierten Datenbankverwaltung hinausgehen. In der Vorlesung werden Ansätze zur Datenbankverwaltung in verteilten Systemen vorgestellt. Verteilte Datenbanken, Parallele Datenbanken, DB-Sharing und heterogene Datenbanksysteme werden untersucht. Darüber hinaus widmet sich ein weiteres Hauptkapitel der Vorlesung der Verwendung und dem Betrieb von Datenbanksystemen im Internet. <u>Transaktionssysteme / Transaction Systems:</u> Transactions are the core mechanism to guarantee database consistency in the presence of failures. The lecture introduces the cornerstones of the Transaction Concept and related techniques and system architectures. Topics are: - Reconstructing the Transaction Model - Advanced Transaction Models - Queued transaction processing - Implementing the ACID properties of transactions: Concurrency control, logging and recovery - TP Monitors: TRPC, Architecture of TP Monitor, Transaction Manager This course generalizes the transaction concept from its traditional database system domain to the broader context of client-server computing. The course begins by defining basic terminology and concepts. The role of a transaction processing system in application design, implementation, and operation is covered. Subsequent lectures cover the theory and practice of implementing locking, logging, and the more generic topic of implementing transactional resource managers.	
6	Lernziele und Kompetenzen	DBRN Die Studierenden verstehen: - Verteilte Datenbanken, verteilte Anfrageverarbeitung verteilte Transaktionen und Nebenläufigkeitskontrolle in verteilten Systemen. - Synchron und asynchrone Verfahren der Replikationskontrolle. - Replikation in hochskalierbaren No-SQL Systemen. - Heterogene und föderative Datenbanksysteme. - Umgang mit effizienter bedarfsorientierter Verwaltung von großen Datenmengen. - Vermittlung von Kompetenzen für skalierbare Lösungen für ein flexibles und verteiltes Datenmanagement. - Insbesondere die Erörterung der Zielsetzungen und Zielkonflikte verteilter Datenhaltung. - Umgang mit verteilter Datenverwaltung mit den jeweiligen Anwendungsgebieten.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Konzeptionelle Modellierung und Implementierung von Datenbanksystemen	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch und Englisch	
16	Literaturhinweise	Datenbanken in Rechnernetzen: - RAHM, Erhard: Mehrrechner-Datenbanksysteme : Grundlagen der verteilten und parallelen Datenbankverarbeitung. Bonn : Addison-Wesley, 1994. - ISBN 3-8319-702-8, Online-Version Transaktionssysteme / Transaction Systems: - Gray and Reuter: Transaction Processing: Concepts and Techniques, Bernstein, Newcomer: Principles of Transaction Processing - BERNSTEIN, P. A. ; NEWCOMER, E.: Principles of Transaction Processing. Morgan Kaufmann, 1997 - GRAY, J.N. ; REUTER, A.: Transaction Processing : Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann, 1992	

1	Modulbezeichnung	eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme (eBusiness Technologies and Evolutionary Information Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	eBusiness Technologies (V) Evolutionäre Informationssysteme (V)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Richard Lenz Dr. Christoph P. Neumann Dr. Florian Irmert	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Richard Lenz	
5	Inhalt	E-Business Technologies: Überblick und Einblick in die wichtigsten Themen des Bereichs eBusiness: Von den Anwendungen bis zu den Implementierungen - Vorgehen: Klassifikation, Ordnung von Techniken und Methoden; Bewertung - Einführung: eBusiness als Anwendung, Definition der Integration, B2B Integration, Realisierung von eBusiness-Anwendungen (WAA, WPA) - Architektur: Grundlagen des Webs, HTTP-/Web-/Application Server - Implementierung: Markup Languages (HTML, XML), Enterprise Java Beans, J2EE, DB-Zugriffstechniken, Web Services Evolutionäre Informationssysteme: Im Rahmen der Veranstaltung EIS lernen die Studenten, warum und wie mit einem ständig wechselnden Bedarf in Informationssystemen umgegangen werden kann. Die Inhalte der Vorlesung sind u.A.: - Grundlagen rechnergestützter Informationssysteme und organisatorisches Lernen - Erfolgsfaktoren für Projekte - Software Wartung vs. Software Evolution - Architekturmodelle - Grundprinzipien evolutionärer Systeme - Datenqualität in Informationssystemen	
6	Lernziele und Kompetenzen	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 Lehrenden 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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Dringend empfohlen: - Programmieren in Java, Datenbanken (SQL) Empfohlen: - Konzeptionelle Modellierung
8	Einpassung in Musterstudienplan	Ab 1. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW) - B.Sc./M. Sc. Informatik
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 min.)
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1. Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	E-Business Technologies: - Michael Merz: E-Commerce und E-Business. 2. Aufl. dpunkt Verlag, 2002 - Craig Larman: Applying UML and Patterns. 3rd ed. Prentice Hall, 2004 - Dan Pilone, Russ Miles: Head First Software Development. 1. Aufl. O'Reilly Media, 2007 - Rod Johnson: Expert One-on-one J2EE Design and Development. Wiley & Sons, 2003 - Bernd Müller: JBoss Seam. 1. Aufl. Hanser Fachbuch, 2007 - Craig Walls, Ryan Breidenbach: Spring in Action. 2. Aufl. Manning Publications, 2007

1	Modulbezeichnung	Artificial Intelligence I	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Künstliche Intelligenz I (V) Übungen zu Künstliche Intelligenz I (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
5	Inhalt	Dieser Kurs beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit. This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.	
6	Lernziele und Kompetenzen	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 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).	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW, AI) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und unbenotete Übungsleistung	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	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.&#8203; Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] .	

1	Modulbezeichnung	Artificial Intelligence II	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Künstliche Intelligenz II (V) Übungen zu Künstliche Intelligenz II (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
5	Inhalt	Dieser Kurs beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere mit Techniken des Schliessens unter Unsicherheit, des maschinellen Lernens und dem Sprachverstehen. Der Kurs baut auf der Vorlesung Künstliche Intelligenz I vom Wintersemester auf und führt diese weiter.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz 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 über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. Sozialkompetenz: - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen. This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding. This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it. Learning Goals and Competencies 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 the and machine learning challenge/competition.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW, AI) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	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 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]. Literature The course follows the following textbook: - Stuart Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.	

1	Modulbezeichnung	Projekt (Project)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar (S) Forschungsprojekt DW (S)	2 SWS 3 SWS
3	Lehrende	Projektbetreuer	
4	Modulverantwortliche/r	Projektbetreuer	
5	Inhalt	Im Modul Projekt wird die Praxis selbstständigen Arbeitens in der Forschung an einem Lehrstuhl der Informatik vermittelt. Der Schwerpunkt der Projektarbeiten kann modellierenden, theoretischen oder auch implementierenden Charakter haben. Kombinationen aus unterschiedlichen Schwerpunkten sind zulässig.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Im Einzelnen erwerben die Studierenden u.a. die folgenden Kompetenzen: Fachkompetenz: - sie sind in der Lage Probleme selbstständig zu erfassen, Ergebnisse auszuwerten und zu bewerten - sie erarbeiten eine Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten und präsentieren sie im Stil eines wissenschaftlichen Vortrags Lern- und Methodenkompetenz: - sie sind in der Lage Literatur zu recherchieren und ihre Relevanz zu bewerten - sie praktizieren den zielgerichteten Einsatz und die Anpassung von Methoden und Techniken der Informatik zur Lösung eines konkreten Anwendungsproblems im wissenschaftlichen Umfeld - sie koordinieren und terminieren die Arbeitsschritte selbstständig - sie dokumentieren und präsentieren den Projektfortschritt - sie stellen Kriterien für die Bewertung der ausgeführten Arbeiten auf und wenden diese an Selbstkompetenz: - sie bewerten und verbessern die eigene Vorgehensweise - sie erwerben Lern- und Kritikfähigkeit Sozialkompetenz: - im Rahmen des Projekts stärken die Studierenden ihre Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Konfliktfähigkeit und Toleranz	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DW) - M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Projektleistung	
11	Berechnung Modulnote	Projektleistung (100%)	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich jeweils im SoSe und WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

Modulkatalog (M4d/M5d): Studienrichtung „Machine Learning/Artificial Intelligence (AI)“

1	Modulbezeichnung	Artificial Intelligence I	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Künstliche Intelligenz I (V) Übungen zu Künstliche Intelligenz I (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
5	Inhalt	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	Lernziele und Kompetenzen	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 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).	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW, AI) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	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.&#8203; Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] .	

1	Modulbezeichnung	Artificial Intelligence II	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Künstliche Intelligenz II (V) Übungen zu Künstliche Intelligenz II (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhasse	
5	Inhalt	Dieser Kurs beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere mit Techniken des Schliessens unter Unsicherheit, des maschinellen Lernens und dem Sprachverstehen. Der Kurs baut auf der Vorlesung Künstliche Intelligenz I vom Wintersemester auf und führt diese weiter.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz 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 über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. Sozialkompetenz: - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen. This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding. This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it. Learning Goals and Competencies 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 the and machine learning challenge/competition.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (DW, AI) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch - Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009. - Deutsche Aus-gabe: Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Überset-zung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] . Literature The course follows the following textbook: - Stu-art Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.	

1	Modulbezeichnung	Machine Learning for Time Series	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Maschinelles Lernen für Zeitreihen (V) Maschinelles Lernen für Zeitreihen Übung (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Björn Eskofier Prof. Dr. Oliver Amft	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Björn Eskofier, Prof. Dr. Oliver Amft	
5	Inhalt	Die Vorlesung vermittelt Konzepte des Maschinellen Lernens speziell im Hinblick auf Anwendungen bei Zeitreihen. Es handelt sich hier um eine Spezialisierungsvorlesung, eine erfolgreiche Absolvierung der Vorlesungen „IntroPR“ und/oder „Pattern Recognition“/„Pattern Analysis“ wird empfohlen. Konzepte, die in „IntroPR“ vermittelt werden, werden hier als Grundwissen vorausgesetzt. Die folgenden Themen werden in der Vorlesung behandelt: - Ein Überblick über die Anwendungsgebiete der Zeitreihenanalyse - Methodische Grundlagen des Maschinellen Lernens (ML) für die Analyse von Zeitreihen, beispielsweise Gauß-Prozesse, Monte-Carlo Sampling und Deep Learning - Design, Implementierung und Evaluation von ML Methoden, um Probleme in Zeitreihen zu adressieren - Arbeitstechniken in bekannten Toolboxes zur Implementierung von relevanten Methoden, beispielsweise Tensorflow/Keras Aim of the lecture is to teach Machine learning (ML) methods for a variety of time series applications. The following topics will be covered: - An overview of applications of time series analysis - Fundamentals of Machine learning (ML) methods, such as Gaussian processes, Monte Carlo sampling methods and deep learning, for time series analysis - Design, implementation and evaluation of ML methods in order to address time series problems - Working with widely-used toolboxes that can be used for implementation of ML methods, such as Tensorflow or Keras	
6	Lernziele und Kompetenzen	- Die Studierenden sollen ein Verständnis für Zeitreihenprobleme und deren Lösungen in Applikationsgebieten der Industrie, Medizin, dem Finanzwesen, etc. entwickeln - Die Studierenden erlernen Konzepte des Maschinellen Lernens im Allgemeinen und deren Anwendung auf Zeitreihen im Besonderen - Die Studierenden erlernen die Charakteristika von Zeitreihendaten und werden zur Entwicklung und Implementierung von ML-Methoden angeleitet, um solche Daten in konkreten Fragestellungen zu modellieren, manipulieren und vorherzusagen. - Students develop an understanding of concepts of time series problems and their wide applications in industry, medicine, finance, etc. - Students learn concepts of machine learning (ML) methods in general and tackling time series problems in particular - Students understand the characteristics of time series data and will be capable of developing and implementing ML methods to model, predict and manipulate such data in concrete problems	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Pattern Analysis Introduction to Pattern Recognition Pattern Recognition	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (DW, AI) - M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT press, 2012 - The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, Springer, 2009 - Deep Learning, Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016 - Reinforcement Learning: An Introduction, Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, MIT press, 1998	

1	Modulbezeichnung	Pattern Recognition	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Pattern Recognition (V) Pattern Recognition Exercises (Ü)	3 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Elmar Nöth Sebastian Käßler	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Maier	
5	Inhalt	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 - unconstrained 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	Lernziele und Kompetenzen	Die Studenten - verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster - erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren - wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsprobleme 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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: - 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. Empfohlen: - 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	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (AI) - B.Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	

12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	- 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	Modulbezeichnung	Pattern Analysis	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Pattern Analysis (V) Pattern Analysis Programming (Ü)	3 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Dr. Christian Riess	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Maier	
5	Inhalt	Based on the lecture Pattern Recognition, this lecture introduces the design of pattern analysis systems as well as the corresponding fundamental mathematical methods. The lecture comprises: - an overview over regression and classification, in particular the method of least squares and the Bayes classifier - 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), local linear embedding (LLE), 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 - Bayesian networks - Markov random fields (MRF): definition, probabilities on undirected graphs, Hammersley-Clifford theorem, cliques, clique potentials, examples for MRF-based image pre-processing and processing of image sequences - Markov random fields and graph cuts: sub-modular functions, global optimization with graph cut algorithms, application examples Aufbauend auf der Vorlesung Pattern Recognition führt die Vorlesung in das Design von Musteranalysesystemen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Methoden ein. Die Vorlesung umfasst im Einzelnen: - Überblick über Regression und Klassifikation, insbesondere die Methode der kleinsten Fehlerquadrate und der Bayes-Klassifikator - 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), Local Linear Embedding (LLE), 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 - Bayes-Netze - Markov-Zufallsfelder: Definition, Wahrscheinlichkeiten auf ungerichteten Graphen, Hammersley-Clifford-Theorem, Cliques, Cliques-Potenziale, Beispiele zur MRF-basierten Bildvorverarbeitung und Bildfolgenverarbeitung - Markov Random Fields und Graph Cuts: submodulare Funktionen, globale Optimierung mit 'Graph Cut'-Algorithmen, Anwendungsbeispiele	
6	Lernziele und Kompetenzen	The students - explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns, - define regression and classification tasks as optimization problems, - 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 MatLab or 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, - formulieren Regressions- und Klassifikationsproblemen als Optimierungsaufgaben, - 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 MatLab oder Python. - ergänzen eigenständig mathematische Grundlagen der präsentierten Methoden durch selbstbestimmtes Studium der Literatur - diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkungen von Anwendungen der Musteranalyse
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Pattern Recognition
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (AI) - M. Sc. Informatik
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 Min.)
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	- Richard O. Duda, Peter E. Hart und David G. Stork: Pattern Classification, Second Edition, 2004 - Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006 - Antonio Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013 - Kevin P. Murphy: Machine Learning: A Probabilistic Perspective, MIT Press, 2012

1	Modulbezeichnung	Projekt (Project)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar (S) Forschungsprojekt AI (S)	2 SWS 3 SWS
3	Lehrende	Projektbetreuer	
4	Modulverantwortliche/r	Projektbetreuer	
5	Inhalt	Im Modul Projekt wird die Praxis selbstständigen Arbeitens in der Forschung an einem Lehrstuhl der Informatik vermittelt. Der Schwerpunkt der Projektarbeiten kann modellierenden, theoretischen oder auch implementierenden Charakter haben. Kombinationen aus unterschiedlichen Schwerpunkten sind zulässig.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Im Einzelnen erwerben die Studierenden u.a. die folgenden Kompetenzen: Fachkompetenz: - sie sind in der Lage Probleme selbstständig zu erfassen, Ergebnisse auszuwerten und zu bewerten - sie erarbeiten eine Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten und präsentieren sie im Stil eines wissenschaftlichen Vortrags Lern- und Methodenkompetenz: - sie sind in der Lage Literatur zu recherchieren und ihre Relevanz zu bewerten - sie praktizieren den zielgerichteten Einsatz und die Anpassung von Methoden und Techniken der Informatik zur Lösung eines konkreten Anwendungsproblems im wissenschaftlichen Umfeld - sie koordinieren und terminieren die Arbeitsschritte selbstständig - sie dokumentieren und präsentieren den Projektfortschritt - sie stellen Kriterien für die Bewertung der ausgeführten Arbeiten auf und wenden diese an Selbstkompetenz: - sie bewerten und verbessern die eigene Vorgehensweise - sie erwerben Lern- und Kritikfähigkeit Sozialkompetenz: - im Rahmen des Projekts stärken die Studierenden ihre Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Konfliktfähigkeit und Toleranz	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (AI) - M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Projektleistung	
11	Berechnung Modulnote	Projektleistung (100%)	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich jeweils im SoSe und WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Software-Anwendungen mit KI (OSS-SAKI) (Software-Applications with AI)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Software-Anwendungen mit KI (V) 1 SWS Software-Anwendungen mit KI (Ü) 1 SWS Introduction to Complex Data Analysis in Python (KU) 1 SWS (opt.)	
3	Lehrende	Dirk Riehle	
4	Modulverantwortliche/r	Dirk Riehle	
5	Inhalt	Dieser Kurs lehrt fortgeschrittene Methoden des maschinellen Lernens resp. der künstlichen Intelligenz anhand von vier nicht-trivialen Anwendungsbeispielen mit realen Daten aus der Industrie. Jedes der vier Beispiele stellt eine umfangreiche Hausaufgabe für Studierende dar, in der unterschiedliche Problemarten (Korrelation, Klassifikation, etc.) mit unterschiedlichen Methoden (Clustering, Bayesian Networks, etc.) in unterschiedlichen Fachgebieten (Automobilindustrie, Finanzindustrie, etc.) kombiniert werden. Jede Aufgabe wird von einem dazugehörigen Industriepartner mitbetreut. Die vier Beispiele werden nacheinander abgearbeitet und strukturieren die Kurszeit in vier gleich große Abschnitte von jeweils drei Wochen, von denen jeder Abschnitt dieselbe Struktur hat: 1) Vorbereitung auf den anstehenden Abschnitt durch Wiederholung relevanter Literatur 2) Einführung in das Problem; Diskussion von Bibliotheken und Vorgehen zur Problemlösung 3) Wiederholte Diskussion (zwei weitere Sitzungen) des Problems und der Herangehensweise 4) Abgabe der Problemlösung, bestehend aus Erläuterung sowie Quelltext und Ergebnissen Die Programmierung findet in Python statt. Eine Woche vor Kursbeginn können Studierende, welche Python noch nicht kennen oder ihre Kenntnisse auffrischen wollen, an unserem Einführungskurs zu Python und ML teilnehmen, siehe https://goo.gl/X6j4nZ. Es wird erwartet, dass Studierende aktiv mitarbeiten, sich etwaige fehlende Grundlagen selbst aneignen, und die technischen Aufgaben eigenständig lösen werden. Der Zeitplan ist unter https://goo.gl/5ynxcQ einsehbar. Bitte registrieren Sie sich für den Kurs auf StudOn (Verweis über Zeitplan verfügbar).	
6	Lernziele und Kompetenzen	Studierende - erwerben praktische Kompetenzen in der Anwendung von ML und KI-Methoden auf realen industriellen Daten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Grundlagenveranstaltungen in maschinellern Lernen und künstlicher Intelligenz	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul: - M. Sc. Informatik - M. Sc. Data Science (AI)	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung	
11	Berechnung Modulnote	Praktikumsleistung (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 255 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

Modulkatalog (M4e/M5e): Studienrichtung „Simulation und Numerik (SN)“

1	Modulbezeichnung	Simulation and Modeling 1	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Simulation and Modeling 1 (V) Exercises to Simulation and Modeling 1 (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
5	Inhalt	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	Lernziele und Kompetenzen	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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - elementare Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Java, - Mathematikkenntnisse in Analysis, wie z.B. im 1. Semester der angewandten Mathematik vermittelt	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (SN) - B.Sc. Informatik	

		•
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) oder mündliche Prüfung (30 min.) (unbenotet)
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Averill Law: Simulation, Modeling and Analysis, 5th Edition, McGraw-Hill, 2014. J. Banks, J. Carson, B. Nelson, D. Nicol: Discrete-Event System Simulation, 5th Edition, Prentice Hall, 2009. J. Banks: Getting started with AutoMod, 2nd Edition, Autosimulations Inc., 2000.

1	Modulbezeichnung	Simulation and Modeling 2	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Simulation and Modeling 2 (V) Exercises to Simulation and Modeling 2 (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
5	Inhalt	The class is project-oriented: participants conduct one larger simulation project in a team (3-4 students). The simulation project covers all typical phases including project planning, requirements analysis, data collection, input modeling, conceptual modeling, verification, validation, simulation runs, output analysis, result presentation and documentation. The lecture covers: - simulation project management, presentation, and documentation techniques - detailed simulation project case studies, - advanced topics in simulation such as variance reduction techniques, rare event simulation, parallel and distributed simulation, standards-based simulation, and combination of simulation with testing. The project teams also present their results in the lectures. The exercises are used for team meetings. Implementations, simulation runs, etc. can be performed on computing facilities of the Computer Science 7 Group with commercial/academic simulation packages (e.g., AnyLogic/OMneT++/ns-3/SimTAny) in reserved computer hours. Possible projects encompass but are not restricted to: elevators, university canteen (Mensa), crossing with traffic lights, gas station, supermarket, hospital emergency reception, flexible manufacturing system, houses or neighborhood with renewable energy systems, battery powered devices. Own project ideas are possible and welcome.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students get - hands-on experience in applying the theory of "Simulation and Modelling I" and in realizing simulation studies - skills in using professional (both commercial and/or academic) simulation software - skills in project and teamwork - training in simulation project management, presentations, documentation - knowledge of advanced topics in simulation such as variance reduction, distributed simulation, validation techniques	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfehlung: - Simulation and Modeling 1	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Informatik - M. Sc. Maschinenbau •	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (30 min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	Averill Law: Simulation, Modeling and Analysis, 5th Edition, McGraw-Hill, 2014. 3rd Edition	

1	Modulbezeichnung	Simulation and Scientific Computing 1	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 1 (V) 2 SWS Übungen zu Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 1 (Ü) 2 SWS Tutorium zu Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 1 (T) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Christoph Pflaum	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Christoph Pflaum	
5	Inhalt	- Performance Optimierung für numerische Algorithmen - OpenMP Parallelisierung - Finite Differenzen Diskretisierung im Ort - Praktische Abschätzung des Diskretisierungsfehlers und der Konvergenzgeschwindigkeit numerischer Verfahren - Software Entwicklung im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens - MPI Parallelisierung - Finite Differenzen Diskretisierung für zeitabhängige Probleme	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - lernen Techniken zur Optimierung von Algorithmen im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens - lernen selbständig Algorithmen auf Parallelrechnern zu implementieren und zu optimieren - lernen theoretisch die Stabilität von numerischen Algorithmen zu untersuchen	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - ein Modul im Bereich Numerik	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Informatik Pflichtmodul: - Bachelor Computational Engineering	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und unbenotete Übungsleistung	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise	- Lehrbuch: G. Hager und G. Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press, 2010. - Lehrbuch: Goedecker und Adofly Hoisie. Performance Optimization of Numerically Intensive Codes, SIAM, 2001. - Lehrbuch: Gropp, Lusk, Skjellum, Using MPI. The MIT Press, 1999. - Lehrbuch: Alexandrescu, Modern C++ Design, Generic Programming and Design Patterns. Addison-Wesley, 2001. - Lehrbuch: Burden, Faires, Numerical Analysis, Brooks, 2001. - Lehrbuch: Chandra at. al., Programming in OpenMP, Academic Press, 2001.	

1	Modulbezeichnung	Simulation and Scientific Computing 2	7,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2 (V) 2 SWS Übungen zu Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2 (Ü) 2 SWS Tutorium zu Simulation und Wissenschaftliches Rechnen 2 (T) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Christoph Pflaum	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Christoph Pflaum	
5	Inhalt	- Einführung in Mehrgitterverfahren - Theorie und Anwendung der Methode der finiten Elemente - Fluidodynamik, insbesondere Lattice Boltzmann Verfahren - Algorithmen in der Molekulardynamik	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - lernen verschiedene numerische Verfahren zum Lösen partieller Differentialgleichungen kennen - lernen grundlegende Kenntnisse zur Implementierung der entsprechenden Algorithmen	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Solides Hintergrundwissen in Ingenieurmathematik und einer höheren Programmiersprache (vorzugsweise C/C++)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Informatik Pflichtmodul: - Bachelor Computational Engineering	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) mit Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Briggs, Henson, McCormick, A Multigrid Tutorial. SIAM, ISBN 0-89871-462-1. - Strang, Fix, An Analysis of the Finite Element Method. Wellesley-Cambridge Press, ISBN 0-9614088-8-X. - Axelsson, Barker, Finite Element Solution of Boundary Value Problems. Siam, ISBN 0-89871-499-0. - Braess, Finite Elemente. Springer, ISBN 3-540-61905-4. - Braess, Finite elements. Cambridge University Press, ISBN 0521011957. - Großmann, Roos, Numerik partieller Differentialgleichungen. Teubner, ISBN 3-519-02089-0. - Großmann, Roos, Numerische Behandlung partieller Differentialgleichungen. Teubner, ISBN 3-519-22089-X. - Grossmann, Roos, Stynes, Numerical treatment of partial differential equations. Springer, ISBN 978-3-540-71582-5.	

1	Modulbezeichnung	Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (MOSES) (Modeling, Optimization and Simulation of Energy Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (V) 2 SWS Übungen zu Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesys. (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Marco Pruckner	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Marco Pruckner	
5	Inhalt	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. Übersicht der Vorlesungsinhalte: - Einführung in die Energiewirtschaft und Systemtechnik - Systemtechnische Methoden der Energieplanung - o Datenanalyse (Regressionsanalysen, Clusteranalyse, Zeitreihenanalyse) - o Mathematische Optimierung (Lineare Programmierung, Gemischt-ganzzahlige lineare Programmierung, dynamische Optimierung) - o Simulation (Diskrete Ereignissimulation, System Dynamics, agentenbasierte Simulation) - o Input-Output-Analyse, Gleichgewichtsmodelle - o Behandlung von Unsicherheiten - Energiemodelle - o Energienachfragemodelle - o Kraftwerkseinsatzmodelle - o Kraftwerksausbaumodelle - o Modelle für Energieversorgungsmodelle 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	Lernziele und Kompetenzen	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	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (SN) - B. Sc. Informatik -	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftliche Klausur (90 Minuten) oder mündl. Prüfung mit Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur (100%) oder mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Dienstgüte von Kommunikationssystemen (DKS) (Quality of Service of Communication Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Quality of Service of Communication Systems / Dienstgüte von Kommunikationssystemen (V) 2 SWS Dienstgüte von Kommunikationssystemen Übungen (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German	
5	Inhalt	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	Lernziele und Kompetenzen	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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Die folgenden Voraussetzungen werden empfohlen: - Rechnerkommunikation, - Kommunikationssysteme, - Programmierkenntnisse in Java Empfohlen: - Kommunikationssysteme Das Modul ist methodisch orientiert, ggfs. nicht vorhandene benötigte Kenntnisse über Kommunikationssysteme können vermittelt werden	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - B. Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftliche Klausur (90 Minuten) oder mündl. Prüfung mit Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur (100%) oder mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	• 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	Modulbezeichnung	Projekt (Project)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar (S) 2 SWS Forschungsprojekt SN (S) 3 SWS	
3	Lehrende	Projektbetreuer	
4	Modulverantwortliche/r	Projektbetreuer	
5	Inhalt	Im Modul Projekt wird die Praxis selbstständigen Arbeitens in der Forschung an einem Lehrstuhl der Informatik vermittelt. Der Schwerpunkt der Projektarbeiten kann modellierenden, theoretischen oder auch implementierenden Charakter haben. Kombinationen aus unterschiedlichen Schwerpunkten sind zulässig.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Im Einzelnen erwerben die Studierenden u.a. die folgenden Kompetenzen: Fachkompetenz: - sie sind in der Lage Probleme selbstständig zu erfassen, Ergebnisse auszuwerten und zu bewerten - sie erarbeiten eine Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten und präsentieren sie im Stil eines wissenschaftlichen Vortrags Lern- und Methodenkompetenz: - sie sind in der Lage Literatur zu recherchieren und ihre Relevanz zu bewerten - sie praktizieren den zielgerichteten Einsatz und die Anpassung von Methoden und Techniken der Informatik zur Lösung eines konkreten Anwendungsproblems im wissenschaftlichen Umfeld - sie koordinieren und terminieren die Arbeitsschritte selbstständig - sie dokumentieren und präsentieren den Projektfortschritt - sie stellen Kriterien für die Bewertung der ausgeführten Arbeiten auf und wenden diese an Selbstkompetenz: - sie bewerten und verbessern die eigene Vorgehensweise - sie erwerben Lern- und Kritikfähigkeit Sozialkompetenz: - im Rahmen des Projekts stärken die Studierenden ihre Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Konfliktfähigkeit und Toleranz	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Projektleistung	
11	Berechnung Modulnote	Projektleistung (100%)	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich jeweils im SoSe und WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (Nach Wahl des Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Partial Differential Equations Based Image Processing	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	PDE based Image Processing (V) 2 SWS PDE based Image Processing (Ü) 0,5 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Martin Burger	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. J. Michael Fried	
5	Inhalt	- basics of image processing - deblurring using different partial differential equations - Finite Element Method for variational methods in image restauration and image segmentation	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - explain mathematical and algorithmic methods for image processing, - apply above image processing methods in computerised practical exercises, - apply analytical techniques to evaluate the qualitative characteristics of the above methods.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Basic knowledge in functional analysis and numerical methods for pdes is recommended	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 min)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 37,5 h Eigenstudium: 112,5 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	G. Aubert, P. Kornprobst: Mathematical problems in image processing, Springer	

1	Modulbezeichnung	Inverse Problems and their Regularization (IPReg)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	a) Inverse Problems and their Regularization 2 SWS b) Tutorials to Inverse Problems and their Regularization 0,5 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. M. Burger, Dr. D. Tenbrinck	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. M. Burger	
5	Inhalt	- Examples of inverse and ill-posed problems in engineering and medical imaging - Linear regularization methods in Hilbert spaces and singular value decomposition - Variational methods for regularization and image reconstruction problems - Tomographic reconstruction and Radon transforms	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - develop understanding for special aspects of inverse problems and illposedness, - apply regularization methods to inverse problems and develop a basic understanding of their properties, - derive and solve inverse problems arising from technical and biomedical applications	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: basic knowledge in functional analysis	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1st semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Oral exam (15 minutes)	
11	Berechnung Modulnote	100% Oral exam	
12	Turnus des Angebots	Winter semester (not annually) To check whether the course is offered in the current semester, see UnivIS univis.fau.de or module handbook of current semester	
13	Arbeitsaufwand	Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits Contact hours: 37.5 hrs Independent study: 112.5 hrs	
14	Dauer des Moduls	One semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	English	
16	Literaturhinweise	H. Engl, M. Hanke, A. Neubauer: Regularization Methods for Inverse Problems, Kluwer 1996 M. Benning, M. Burger: Modern Regularization Methods for Inverse Problems, Acta Numerica 2018	

1	Modulbezeichnung	Practical Course: Modeling, Simulation, Optimization	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Modeling, Simulation and Optimization (S)	3 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Günther Grün	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Knabner	
5	Inhalt	- Modelling, analysis, simulation or optimisation of problems in engineering or the natural sciences - (Partial) differential equation models (also with additional aspects) and corresponding numerical algorithms ((M)FEM, FVM, DG) - Mixed integer or continuous (non-)linear optimisation	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - work on a problem in engineering or the natural sciences as part of a team, but with assigned independent tasks, by constructing a suitable mathematical model and solving it using analytical and numerical methods, - are able to collect and evaluate relevant information and identify connections, - are able to implement processes using their own or specified software and critically evaluate the results, - are able to set out their approaches and results in a comprehensible and convincing manner, making use of appropriate presentation techniques, - are able to develop and set out in writing the theories and problem solutions they have developed, - develop their communication skills and ability to work as a team through project work	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: - Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Vortrag (45 Minuten) und Ausarbeitung (10-15 Seiten)	
11	Berechnung Modulnote	Vortrag 50% und Ausarbeitung 50%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	PDEs in Data Science	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	(Master-)Seminar „PDE's in Data Science“ (S)	2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Martin Burger	
4	Modulverantwortliche/r	Studiendekan/in studiendekan@math.fau.de	
5	Inhalt	Die aktuell angebotenen Themen werden von den Lehrende rechtzeitig bekannt gegeben	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik; - analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden; - verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; - tauschen sich untereinander und mit den Lehrende über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Vortrag und Ausarbeitung	
11	Berechnung Modulnote	Vortrag (50 %) und Ausarbeitung (50%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Partielle Differentialgleichungen I (Partial Differential Equations I)	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Partielle Differentialgleichungen I (V) Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I (Ü)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Frank Duzaar	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Günther Grün	
5	Inhalt	- schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung - Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) - Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen - verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und „schwache“ Zugänge zu Existenzresultaten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Analysis-Module des Bachelorstudiums (Alternativ Mathematik für Data Sciences 1 und 2)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - B. Sc. /M. Sc. Mathematik - B. Sc. /M. Sc. Wirtschaftsmathematik - B. Sc. Technomathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung (unbenot)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 - L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 - D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983	

1	Modulbezeichnung	Advanced Discretization Techniques	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Advanced Discretization Techniques (V) Tutorials to Advanced Discretization Techniques (Ü)	4 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
5	Inhalt	- Konforme und nichtkonforme Finite Elemente(FEM) - Diskretisierungsansätze für gemischte Probleme in Hilberträumen: Sattelpunktsprobleme insbesondere für Randwertaufgaben für Darcy/Stokes-Systeme - Gemischte Elemente höherer Ordnung für Darcy/Stokes-Systeme - Finite Volumen-Verfahren (FVM)(knoten- oder zellorientiert) und ihre Beziehung zu FEM - Streamline-Diffusion-FVM- und DG-Verfahren für konvektionsdominante Diffusions-Transportgleichungen - A posteriori-Fehlerschätzer	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - verfügen über ein kritisches Verständnis im theoretischen und praktischen Umgang mit FEM- und FVM-Diskretisierungstechniken, insbesondere für Randwertprobleme partieller Differentialgleichungssysteme in der gemischten Variationsformulierung - sind in der Lage eigene anwendungsspezifische neue gemischte FE- oder FV-Ansätze zu erarbeiten und im Blick auf Stabilität und Effizienz die daraus resultierenden numerische Verfahren zu bewerten - sind vertraut mit einem breiten Problem- und Verfahrensspektrum: Schwerpunkt gemischte Finite-Element-Verfahren für wichtige PDGL'n aus Naturwissenschaft und Technik (u.a. für konvektionsdominante Diffusions-Transport-Probleme) - sind in der Lage eigenständig Algorithmen zu entwerfen zur adaptiven Gittersteuerung	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Funktionalanalysis I - Einführung in die Numerik partieller Differentialgleichungen	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (20 min)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- A. Ern, J.-L. Guermond: Theory and Practice of Finite Elements, - A. Quarteroni and A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations - P. Knabner, L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations - R.Eymard, T. Gallouet, R. Herbin: Finite Volume Methods, in Handbook of Numerical Analysis, P.G. Ciarlet, J.L. Lions eds, vols 7	

1	Modulbezeichnung	Advanced Solution Techniques	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Advanced Solution Techniques (V) Exercises for Advanced Solution Techniques (Ü)	2 SWS 0,5 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Knabner	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Knabner	
5	Inhalt	- Krylov subspace methods for large non-symmetric systems of equations - Multilevel methods, especially multigrid (MG) methods, nested and non-nested grid hierarchies - Parallel numerics, especially domain decomposition methods - Inexact Newton/Newton-Krylov methods for discretized nonlinear partial differential equations - Preconditioning and operator-splitting methods	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - are able to design application-specific own MG algorithms with the theory of multigrid methods and decide for which problems the MG algorithm is suitable to solve large linear systems of equations, - are able to solve sparse nonlinear/non-symmetric systems of equations with modern methods (also with parallel computers), - are able to develop under critical assessment complete and efficient methods for application-orientated problems	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Advanced Discretization Techniques	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences (SN) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Computation and Applied Mathematics	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 min)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 37,5h Eigenstudium: 112,5 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- A. Quarteroni, A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations - P. Knabner, L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations	

Modulkatalog (M4f/M5f): Studienrichtung „Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)“

1	Modulbezeichnung	Stochastische Analysis (Stochastic analysis)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Stochastische Analysis (V) 2 SWS Übung Stochastische Analysis (Ü) 0,5 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
5	Inhalt	- Stochastische Integrale, Stochastische Differentiale und zugehörige Rechenregeln (Ito-Kalkül) - Dynamische Unsicherheiten in kontinuierlicher Zeit - Diffusionsprozesse - Stochastische Differentialgleichungen	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erklären und verwenden Inhalte und Techniken der höheren Stochastik. Diese bilden eine Basis für eine Spezialisierung in Stochastik und entsprechenden wirtschaftsmathematischen Themen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Sehr empfohlen: Wahrscheinlichkeitstheorie, Analysis 3; keine Vorkenntnisse in gewöhnlichen oder partiellen Differentialgleichungen notwendig.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik -	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 Min.) oder Klausur (60 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon - Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h - Übung: ½ SWS x 15 = 7,5 h - Selbststudium: 112,5 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Wahrscheinlichkeitstheorie	10 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Wahrscheinlichkeitstheorie (V) 4 SWS Übungen zu Wahrscheinlichkeitstheorie (Ü) 2 SWS Tutorium zur Wahrscheinlichkeitstheorie (T) 1 SWS	
3	Lehrende	Dr. A. Depperschmidt	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. A. Depperschmidt	
5	Inhalt	- Mengensysteme, messbare Abbildungen, Masse - Integrationstheorie - Produkträume, gekoppelte Experimente - Masse mit Dichten - Bedingte Erwartungen - Stationäre Prozesse - Verteilungskonvergenz, zentraler Grenzwertsatz - Markowketten - Martingale Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erkennen und erklären die formale maßtheoretische Grundlegung der Wahrscheinlichkeitstheorie und übertragen diese - erfassen und formulieren zufällige Phänomene mit mathematischen komplexeren Strukturen - nennen und erklären die wichtigsten stochastischen Prozesse, die in den Anwendungen eine Rolle spielen - sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge - klassifizieren und lösen selbstständig Probleme analytisch.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Stochastische Modellbildung, Analysis 3	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - B. Sc. Mathematik B.Sc. Wirtschaftsmathematik Lehramt vertieft (Stochastik)	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	- Übungsleistungen (unbenotet) - Klausur (90 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h davon - Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h - Übung: 3 SWS x 15 = 45 h - Selbststudium: 195 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Bauer: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie - Breiman: Probability - Durrett: Probability - Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie	

1	Modulbezeichnung	Fortgeschrittene Risikoanalyse 1	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (V) Übung Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
5	Inhalt	"Fortgeschrittene Risikoanalyse 1" Die aktualisierten Inhalte werden jeweils zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: - Anwendungsbezogene Motivationen aus der Risikoanalyse - zeitdiskrete Risikoprozesse; - zeitkontinuierliche Risikoprozesse. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Übungsthemen	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M.Sc. Mathematik M.Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 Min.) oder Klausur (60 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon - Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h - Übung: 1 SWS x 15 = 15 h - Selbststudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	-	

1	Modulbezeichnung	Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (MSAI)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (V) Tutorials to Mathematics of Sim. in Statistics and Artificial Intelligence (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
5	Inhalt	Die aktualisierten Inhalte werden jeweils zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: Wiederholung von Grundkenntnissen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik. Wiederholung bzw. Kurzeinführung in die Statistik-Software R. Statische und dynamische Modellierungen. Statische und dynamische Monte Carlo-Simulationen. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Themen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, simulationsbasierte Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten und Vorgängen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse der Stochastik und der Analysis.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M.Sc. MathematikM.Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 Min.) oder Klausur (60 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon - Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h - Übung: 1 SWS x 15 = 15 h - Selbststudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	English (bzw. Deutsch falls einheitlich erwünscht)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Advanced Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (AMSAI)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Advanced Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (V) 2 SWS Tutorials to Advanced Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence (Ü) 1 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	
5	Inhalt	Die aktualisierten Inhalte werden jeweils zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: Fortgeschrittene statische und dynamische Modellierungen. Fortgeschrittene Monte Carlo-Simulationen. Simulationen von seltenen Ereignissen mit sehr hohem Impact bzw. hoher Wichtigkeit. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Themen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, sehr fortgeschrittene simulationsbasierte Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten und Vorgängen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Kenntnisse des Moduls "Mathematics of Simulations in Statistics and Artificial Intelligence". Empfohlen: Wahrscheinlichkeitstheorie.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M.Sc. Mathematik M.Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 Min.) oder Klausur (60 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon - Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h - Übung: 1 SWS x 15 = 15 h - Selbststudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	English (bzw. Deutsch falls einheitlich erwünscht)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Mathematische Statistik (Mathematical statistics)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung zur Mathematische Statistik (V) Übung zur Mathematische Statistik (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Christoph Richard	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Christoph Richard	
5	Inhalt	Parameterschätzung Konfidenzbereiche Hypothesentests	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Grundlagen der Statistik. Sie entwickeln Lösungsmethoden für einfache statistische Problemstellungen eigenständig.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Grundkenntnisse in Stochastik	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik - M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (15 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Georgii, Stochastik Casella, Berger: Statistical Inference	

1	Modulbezeichnung	Machine learning in signal processing	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Machine Learning in Signal Processing (V) Supplements for Machine Learning in Signal Processing (Ü)	3SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
5	Inhalt	This course is an introduction into statistical 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. First we will study basic methods for regression and classification: linear regression, logistic regression, the nearest neighbors algorithm. Based on these examples, we will discuss the fundamental trade-off between the flexibility of the model and the ability to fit the model based on the moderate amount of training data. We will contrast learning in high-dimensional spaces vs. learning in low dimensional spaces. Next, we will study methods that help make linear models flexible: polynomial features and splines. When these tools are used, regularization is crucial. We will discuss structured signal representations: short-time Fourier transform and wavelets. We will focus on the importance of sparsity in signal representations. This will lead us to compressed sensing and to other modern convex-optimization-based methods for signal denoising, reconstruction, and compression. We will review key concepts in convex optimization, study the LASSO, support vector machines, the idea of kernels. The last part of the course will focus on the breakthrough new technology for computer vision: the deep learning. The course contains exercises: 30 percent mathematical and 70 percent programming in Python. You will be asked to implement basic machine learning and signal processing algorithms yourself. For more advanced algorithms, you will practice using powerful numerical and optimization libraries (numpy, cvxpy, scikit-learn, pywavelets, pytorch).	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students are able to: - Apply standard machine learning and signal processing algorithms to design solutions to practical problems in new domains. - Use standard packages for machine learning in Python: numpy, cvxpy, scikit-learn, pywavelets, pytorch. - Choose appropriate algorithms and signal representations for the problem at hand. - Debug and calibrate machine learning algorithms. Develop simple modification to the standard algorithms as appropriate to the problem at hand. - Rapidly discover, understand, and apply advanced algorithms and signal representations that were not covered in class. - Explain the theoretical aspects that underpin the design of new algorithms. - Explain the importance of statistics and optimization in machine learning.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M. Sc. Advanced Signal Processing & Communications Engineering - M. Sc. Communications and Multimedia Engineering - M. Sc. Information and Communication Technology - M. Sc. Informations- und Kommunikationstechnik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 Std. Eigenstudium: 90 Std.	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition, Chapters 1–7. - Ng: Lecture notes and materials for Stanford CS229 class. Lecture Notes and Exercises. - M. Kon: Lecture notes on basics of wavelets. - M. Nielsen: Neural networks and deep learning.	

1	Modulbezeichnung	Lab Course Machine Learning in Signal Processing	2,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten Lab Course Machine Learning in Signal Processing (P)	SWS 4 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
5	Inhalt	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	Lernziele und Kompetenzen	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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: - Knowledge of Python programming language. - Basic theoretical knowledge in machine learning is assumed: consider taking the Machine Learning in Signal Processing (MLSIP) course in the same semester	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1./3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M. Sc. Advanced Signal Processing & Communications Engineering - M. Sc. Communications and Multimedia Engineering - M. Sc. Information and Communication Technology - M. Sc. Informations- und Kommunikationstechnik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung: - Well-documented algorithm that detects lanes on a driving video - Video demonstration showing the functioning of the algorithm - Short report (up to 3 pages)	
11	Berechnung Modulnote	Praktikumsleistung 100%	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich jeweils im SoSe und WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 Std. Eigenstudium: 15 Std.	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Mathematical methods for machine learning and signal processing	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Mathematical Methods for Machine Learning and Signal Processing (V) Supplements for Mathematical Methods for Machine Learning and Signal Processing (Ü)	4 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Veniamin Morgenshtern	
5	Inhalt	This course focuses on modern machine learning and signal processing algorithms that have firm mathematical footing. First, we will study the basics of Frame Theory -- a mathematical framework for linear redundant signal expansions. We will discuss an applications in signal sampling. Second, we will study the theory of Compressed Sensing -- a powerful way to recover sparse signals from an incomplete set of measurements. Third, we will discuss applications of Compressed Sensing-based methods in Machine Learning: Matrix Completion and Subspace Clustering. Finally, we will study the theory of Scattering Transform -- a signal representation based on deep neural network that is invariant to signal translations and deformations. This topic is one of the few mathematical results related to theoretical understanding of deep learning. Time permitting, we will discuss other results related to the theoretical understanding of deep learning, such as Tishbi's Information Bottleneck principle.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students are able to: - Theoretically analyze machine learning and signal processing algorithms. - Develop new complex algorithms. - Do research in the field of modern machine learning and signal processing.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in - M. Sc. Data Sciences (MSD) - M. Sc. Advanced Signal Processing & Communications Engineering - M. Sc. Communications and Multimedia Engineering	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 90 Std. Eigenstudium: 60 Std.	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

Modulkatalog (M6): Anwendungsfächer
Modulkatalog (M6a)Anwendungsfach Physik

1	Modulbezeichnung	Quantum Computing	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Quantum Computing (V) Übung zur Vorlesung "Quantum Computing" (Ü)	2 SWS 3 SWS
3	Lehrende	Michael J. Hartmann	
4	Modulverantwortliche/r	Michael J. Hartmann	
5	Inhalt	The course provides an introduction to quantum computing. The development of quantum hardware has progressed substantially in recent years and has now reached a level of maturity where first industrial applications are being explored. This course will introduce the fundamental ingredients of quantum algorithms, quantum bits and quantum gates, the most important hardware implementations and in particular algorithms that can run on near term hardware implementations of so called Noisy Intermediate Scale Quantum (NISQ) devices. The course will be completed with introductions to the basic concepts of error correction, which is needed in the next stage of development to fully exploit the potential of this emerging computing technology. Prerequisites: the main concepts of quantum theory, including quantum states, the Schrödinger equation, unitary evolution and measurements.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students - explain the relevant topics of the lecture - apply the methods to specific examples	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	5. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Sciences - B. Sc./M.Sc. Mathematik - B. Sc./M.Sc. Physik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur 90 Min.	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	Useful additional reading contains - "Quantum Computation and Quantum Information" by Nielsen and Chuang (Cambridge Univ. Press), - "Quantum Computing: A Gentle Introduction" by Rieffel and Polak (MIT Press) - lecture notes by John Preskill available at http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/ - lecture notes by Ronald de Wolf available at https://homepages.cwi.nl/~rdewolf/qc19.html .	

1	Modulbezeichnung	Experimentalphysik 1 für Mathematikstudierende (Experimental Physics 1 for Students of Mathematics (Minor Theoretical Physics))	5 ECTS-Punkte	
2	Lehrveranstaltungen	Experimentalphysik 1 für Physikstudierende: Mechanik (V) 5 SWS Übungen zur Experimentalphysik 1 für Physikstudierende: Mechanik (Ü) 2 SWS		
3	Lehrende	Janina Maultzsch		
4	Modulverantwortliche/r	Janina Maultzsch		
5	Inhalt	- Mechanik von Massepunkten: Kinematik, Newtonsche Dynamik, Energie- und Impulserhaltung - Bewegte Bezugssysteme - Systeme von Massenpunkten, Stöße - Mechanik starrer Körper - Mechanik von Gasen - Verformungen und Strömungen - Mechanische Schwingungen und Wellen		
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis - wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an		
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Physik am Gymnasium		
8	Einpassung in Musterstudienplan	1. Semester		
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Sciences - B. Sc. Mathematik - B. Sc. Physik -		
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur 90 Min.		
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%		
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe		
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 70 h Eigenstudium: 80 h		
14	Dauer des Moduls	1 Semester		
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch		
16	Literaturhinweise	- W. Demtröder, "Experimentalphysik I: Mechanik und Wärme", Springer - Halliday, Resnick, Walker, "Physik", Wiley - R.P. Feynman, "The Feynman Lectures on Physics", Addison Wesley		

1	Modulbezeichnung	Experimentalphysik 1+2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik (Experimental Physics 1&2: Mechanics, Thermodynamics and Electrodynamics)	15 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Experimentalphysik 1: Mechanik (V) 5 SWS Übungen zur Experimentalphysik 1: Mechanik (Ü) 2 SWS Experimentalphysik 2: Wärmelehre und Elektrodynamik (V) 5 SWS Übungen zur Experimentalphysik 2: Wärmelehre und Elektrodynamik (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Janina Maultzsch	
4	Modulverantwortliche/r	Janina Maultzsch	
5	Inhalt	<u>Mechanik</u> Einführendes Gebiete der Physik, Längen- und Geschwindigkeitsskalen, Abgrenzung klassische/ Quanten-/ relativistische Physik; Physikalische Größen; Messungen und Messfehler Mechanik eines Massenpunktes Bewegung auf Raumkurven, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehbewegungen, Längen- und Zeitmessung; Masse, Impuls, Impulserhaltung; Newtonsche Gesetze; Kraftfelder, Arbeit, Potential, Energie, Energiesatz, Leistung; Bewegungsgleichungen; Drehimpuls, Drehmoment Bewegte Bezugssysteme und spezielle Relativitätstheorie Klassisch: Inertialsysteme und Galilei-Transformation; Beschleunigte Bezugssysteme, Scheinkräfte (insb. Zentrifugal, Coriolis); Spezielle Relativitätstheorie: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und ihre Konsequenzen; Lorentz-Transformation; relativistische Phänomene (insbesondere Zeitdilatation, Längenkontraktion, Zwillingsparadoxon); Vierervektoren, Lorentz-Skalarprodukt, relativistische Energie-Impuls-Beziehung Systeme von Massenpunkten und Stöße Schwerpunkt, Schwerpunktbewegung, Erhaltungssätze; Stöße: Elastische/inelastische Stöße, Streuprozesse, relativistische Stöße; Gravitation und Planetenbewegungen, Keplersche Gesetze Dynamik starrer Körper Darstellung von Volumen und Masse als Volumenintegrale; Rotationsenergie, Drehimpuls, Trägheitsmoment; Bewegung des starren Körpers (Kinematik, Gleichgewichtslage, Abrollen); Bewegungsgleichungen (Rotation um feste Achse, freier Kreisel: Nutation, Präzession, Stabilität von Drehachsen) Deformierbare feste und flüssige Materialien Reibung zwischen festen Körpern; Elastische Deformationen (Hooke, Kontraktion, Scherung, Torsion, Biegung); Hydrostatik (Statischer Druck, Auftrieb); Flüssigkeitsgrenzflächen (Oberflächenspannung, Kapillarität); Strömungen (Reibungsfrei: Bernoulli; mit Reibung: Laminar (Hagen-Poiseuille), turbulent (Navier-Stokes); Aerodynamik, cw-Wert, aerodynamische Phänomene) Gase Kompressibilität, barometrische Höhenformel; kinetische Gastheorie (Druck, Verbindung zu absoluter Temperatur, Stoßquerschnitt, freie Weglänge); Maxwell-Verteilung Schwingungen und Wellen Schwingungen: Freier Oszillator, erzwungene Schwingungen, Resonanz, gekoppelte Schwingungen, Überlagerung von Schwingungen; Wellen: Beschreibung, Wellengleichung, Wellenphänomene (Reflexion, Brechung, Beugung, Überlagerung), stehende Wellen, bewegte Sender und Empfänger <u>Wärmelehre</u> Temperatur und Wärmemenge Wärmephänomene, Temperaturmessung; absolute Temperaturskala; innere Energie und spezifische Wärme; Schmelz- und Verdampfungswärme Wärmetransport Konvektion, Wärmeleitung, Strahlung Hauptsätze der Thermodynamik Zustandsgrößen; Zustandsänderungen und der erste Hauptsatz; Kreisprozesse, zweiter Hauptsatz; Entropie, reversible und irreversible Prozesse, dritter Hauptsatz Thermodynamik realer Flüssigkeiten und Gase Van-der-Waals-Zustandsgleichung; Aggregatzustände und -umwandlungen, Phasendiagramme, kritischer und Tripelpunkt <u>Elektrodynamik</u> Elektrostatik Elektrische Ladung; Coulomb-Gesetz; elektrostatisches Feld (Feldstärke, Fluss, 1. Maxwell, Potenzial, Spannung, Multipolentwicklung); Materie in elektrischen Feldern: Leiter, Influenz und Flächenladungen, Kondensatoren, Dielektrika; Energie des E-Feldes Elektrischer Strom Ladungstransport und elektrischer Widerstand (Strom, Stromdichte, Ohm, Kirchhoffsche Regeln, Auf-/Entladen von Kondensatoren); Leitungsmechanismen, T-Abhängigkeit von Widerständen (Metalle,	

		Halbleiter, dotierte Halbleiter, Diode, Transistor, Isolatoren, Phänomen der Supraleitung); Stromerzeugung und Strommessung (Galvanisches Element, Spannungsreihe, Brennstoffzelle, Akku, Thermoelement, Peltier-Effekt, Innenwiderstand) Statische Magnetfelder Magnetische Wirkungen; Magnetfelder stationärer Ströme (gerader Leiter, Spule); Ampèresches Gesetz; magnetischer Fluss, 2. Maxwell; Vektorpotenzial; Magnetfelder beliebiger Stromverteilungen, Biot-Savart, Ringstrom, Helmholtz-Spulen; Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld (Lorentz-Kraft, Fadenstrahlrohr, e/m, Hall-Effekt, Definition des Ampère); Relativität von E- und B-Feldern Materie in Magnetfeldern Magnetische Dipole (auch atomar); Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität, Para-, Dia- und Ferromagnetismus (Hysterese, Curie-Temperatur), Antiferro- und Ferrimagnete; Feldgleichungen in Materie, Felder an Grenzflächen, Elektromagnet Zeitlich veränderliche Felder Faradaysches Induktionsgesetz; 3. Maxwell; Induktionsphänomene, Selbstinduktion; Energie des magnetischen Feldes; Verschiebungsstrom, 4. Maxwell; Wechselspannung und Wechselstrom (Wechselstromkreise, Generator, Elektromotor, Transformator) Elektromagnetische Schwingungen und Wellen Schwingkreise; Hertzscher Dipol (offene Schwingkreise, Dipol-Strahlungsfeld, elektromagnetische Strahlungsquellen); Elektromagnetische Wellen im Vakuum (Wellengleichung, elektromagnetisches Frequenzspektrum); Polarisation; Energie- und Impulstransport, Poynting-Vektor; elektromagnetische Wellen in Resonatoren und Hohlleitern; elektromagnetische Wellen in Materie
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge, der Wärmelehre und elektromagnetischen Phänomene gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis - wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1.-2. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Sciences - B. Sc. Mathematik - B. Sc. Physik -
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur 120 Min.
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100% (mit Notenbonus durch freiwillige Zwischenprüfung)
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 180 h Eigenstudium: 270 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	- W. Demtröder, "Experimentalphysik I: Mechanik und Wärme", Springer - W. Demtröder, "Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik", Springer - Halliday, Resnick, Walker, "Physik", Wiley - R.P. Feynman, "The Feynman Lectures on Physics", Addison Wesley

1	Modulbezeichnung	Computerphysik und numerische Methoden (Computational Physics and Numerical Methods)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Computerphysik und numerische Methoden (V) 2 SWS Übungen zur Computerphysik und numerischen Methoden (Ü) 3 SWS	
3	Lehrende	Ana-Suncana Smith	
4	Modulverantwortliche/r	Ana-Suncana Smith	
5	Inhalt	- Integration gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen - Molekulardynamik, Finite-Elemente-Methode - Lösung linearer Gleichungssysteme, Methode der konjugierten Gradienten - Lineare Regression - Zufallszahlen, Monte-Carlo-Integration und Markov-Chain-Monte-Carlo - Schnelle Fourier-Transformation.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - wählen geeignete numerische Methoden aus und wenden sie an, um Problemstellungen aus der Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik und aus der Statistischen Physik zu lösen - schätzen die Genauigkeit numerischer Lösungen ab und identifizieren Fehlerquellen - erschließen praktische Programmiererfahrung im wissenschaftlichen Rechnen für Studium und Forschung	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - M.Sc. Data Sciences - B. Sc./M.Sc. Physik -	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur 90 Min.	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1x jährlich im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- William H. Press et al., Numerical Recipes in C, Cambridge University Press, 1992 - Paul L. DeVries, A First Course in Computational Physics, John Wiley & Sons, 1993	

Modulkatalog (M7): Technische Schlüsselqualifikationen

1	Modulbezeichnung	Rechnerkommunikation (Computer Communication)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Rechnerkommunikation (V) Rechnerkommunikation Übungen (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Dr. Anatoli Djanatljev	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Reinhard German	
5	Inhalt	Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Rechnerkommunikation 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	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erwerben - Kenntnisse über zentrale Mechanismen, Protokolle und Architekturen der Rechnerkommunikation (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 Rechnerkommunikation - praktische Erfahrung in der Benutzung und Programmierung von Rechnernetzen	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - M.Sc. Data Sciences - B. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.) und Übungsleistung (unbenotet)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Lehrbuch: Kurose, Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet. 6th Ed., Addison Wesley, 2013	

1	Modulbezeichnung	Computergraphik- (Computer Graphics)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Computergraphik (V) Übungen Computergraphik (Ü)	3 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Marc Stamminger	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Marc Stamminger	
5	Inhalt	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: - Graphik Pipeline - Clipping - 3D Transformationen - Hierarchische Display Strukturen - Perspektive und Projektionen - Visibilitätsbetrachtungen - Rastergraphik und Scankonvertierung - Farbmodelle - Lokale und globale Beleuchtungsmodelle - Schattierungsverfahren - Ray Tracing und Radiosity - Schatten und Texturen 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	Lernziele und Kompetenzen	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 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	Voraussetzungen für die Teilnahme	Es wird empfohlen, das Modul Algorithmik kontinuierlicher Systeme zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in:	

		- B. Sc./M.Sc. Data Sciences - B. Sc./M.Sc. Informatik
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 min.) und Übungsleistung (unbenotet)
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch und Englisch
16	Literaturhinweise	- 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 Encarnaç�o, Strasser, Klein: Computer Graphics

1	Modulbezeichnung	Software-Entwicklung in Großprojekten (Software Development in Large Projects)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Softwareentwicklung in Großprojekten (V) Übung Softwareentwicklung in Großprojekten (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. rer. nat. habil. Francesca Saglietti	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. rer. nat. habil. Francesca Saglietti	
5	Inhalt	- Einführung in die einzelnen Phasen der Softwareentwicklung: Anforderungsanalyse, Spezifikation, Entwurf, Implementierung, Test, Wartung - Beispielhafter Einsatz ausgewählter repräsentativer Verfahren zur Unterstützung dieser Entwicklungsphasen - Ergonomische Prinzipien Benutzungsoberfläche - Objektorientierte Analyse und Design mittels UML - Entwurfsmuster als konstruktive, wiederverwendbare Lösungsansätze für ganze Problemklassen - Automatisch unterstützte Implementierung aus UML-Diagrammen - Teststrategien - Refactoring zur Unterstützung der Wartungsphase	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - wenden auf Basis der bereits erworbenen Programmierkenntnisse systematische und strukturierte Vorgehensweisen (wie das Wasserfall- und V-Modell) zur Bewältigung der Komplexität im Zusammenhang mit dem „Programmieren-im-Großen“ an; - benutzen ausgewählte Spezifikationssprachen (wie Endliche Automaten, Petri-Netze und OCL), um komplexe Problemstellungen eindeutig zu formulieren und durch ausgewählte Entwurfsverfahren umzusetzen; - wenden UML-Diagramme (wie Use Case-, Klassen-, Sequenz- und Kommunikationsdiagramme) zum Zweck objektorientierter Analyse- und Design-Aktivitäten an; - reproduzieren allgemeine Entwurfslösungen wiederkehrender Probleme des Software Engineering durch Verwendung von Entwurfsmustern; - erfassen funktionale und strukturelle Testansätze; - setzen Refactoring-Strategien zur gezielten Erhöhung der Software-Änderungsfreundlichkeit um.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Sciences - B. Sc./M.Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Lehrbuch der Softwaretechnik (Band 1), Helmut Balzert, 2000	

1	Modulbezeichnung	Nailing your Thesis	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Nailing your Thesis (P) Nailing your Thesis Exercises (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Dirk Riehle	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Dirk Riehle	
5	Inhalt	This course teaches students how to perform scientific research for their final thesis or a research paper. The goal is to prepare students for a Bachelor or Master research thesis. The course covers the following topics: - Science and society - The research process - Exploratory research - Confirmatory research - Writing a thesis/paper - The scientific community Students can choose one or both of two components: VUE (lecture + exercise), 4 SWS, 5 ECTS. VUE combines lectures with homework and exercises. VUE is run as a 3h block. PROJ (small research project), 2 SWS, 5 ECTS. In PROJ, students perform a small research project, either individually or in teams. The available projects will be presented at the beginning of the course. Students perform the research, write a paper, and hold a presentation about their work. If you only want to take OSS-NYT-PROJ please still come to OSS-NYT-VUE class on the first day to learn about the projects. The overall schedule can be found at https://goo.gl/VqoFO . Please sign up for the course on StudOn (link accessible through schedule spreadsheet) as soon as possible.	
6	Lernziele und Kompetenzen	The students - Understand how to perform research - Understand how to write a research thesis	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - M.Sc. Data Sciences - M.Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	PROJ (small research project), students perform a small research project, either individually or in teams. The available projects will be presented at the beginning of the course. Students perform the research, write a paper, and hold a presentation about their work.	
11	Berechnung Modulnote	Projektleistung 100%	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich jeweils im WiSe und SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	The syllabus, schedule, literature, and more can be found at http://nythesis.com	

1	Modulbezeichnung	Einführung in die IT-Sicherheit (Introduction to IT Security)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Angewandte IT-Sicherheit (V) Einführung in die IT-Sicherheit – Übung (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Felix Freiling	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Felix Freiling	
5	Inhalt	Die Vorlesung gibt einen einführenden Überblick über Konzepte und Methoden der IT-Sicherheit und eignet sich als Einstieg in das Vertiefungsgebiet "IT-Sicherheit" an der FAU. Themen (unter anderem): IT-Sicherheit vs. physische Sicherheit, Identifizierung und Authentifizierung, grundlegende Muster von Unsicherheit in technischen Systemen, grundlegende Abwehrmechanismen, ausgewählte Beispiele aus dem Bereich Systemsicherheit, Netzwerksicherheit und Softwaresicherheit. In der Übung werden die Themen der Veranstaltung beispielhaft eingeübt. Themen (unter anderem): "lock picking", "social engineering", ausnutzen von Softwareschwachstellen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Teilnehmer erwerben einen Überblick über Konzepte und Methoden aus dem Bereich der IT-Sicherheit und können diese im Kontext der Informatik und der Lebenswirklichkeit anhand von Beispielen einordnen und erläutern. Die Studierenden können die wichtigsten Arten von Softwareschwachstellen in Programmen erkennen und benennen. Sie können außerdem erläutern, wie man diese Schwachstellen ausnutzt und welche technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet sind, diese Schwachstellen zu vermeiden. Die Studierenden lernen, die Wirksamkeit von IT-Sicherheitsmechanismen im gesellschaftlichen Kontext und in Kenntnis professioneller Strukturen der Cyberkriminalität aus technischen, ethischen und rechtlichen Perspektiven zu bewerten.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - M.Sc. Data Sciences - M.Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Dieter Gollmann: Computer Security. 3. Auflage, Wiley, 2010. Joachim Biskup: Security in Computing Systems. Springer, 2008.	

1	Modulbezeichnung	Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (Foundations of Computer Architecture and Organization)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (V) Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Dietmar Fey Dr. Marc Reichenbach	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Dietmar Fey	
5	Inhalt	Ziel der Vorlesung ist, die Grundlagen beim Aufbau eines Rechners zu vermitteln. Dies beinhaltet die Grundkomponenten, wie das Leitwerk, das Rechenwerk, das Speicherwerk und das Ein-/Ausgabewerk. Ausgehend vom klassischen von Neumann-Rechner wird der Bogen bis zu den Architekturen moderner Rechner und Prozessoren geschlagen. Grundprinzipien der Ablaufsteuerung bei der Verarbeitung von Befehlen werden ebenso behandelt wie Aufbau und Funktionsweise eines Caches und die Architektur von Speichern im Allgemeinen. Das Konzept der Mikroprogrammierung wird erläutert. Ferner wird der Einstieg in die hardwarenahe Programmierung moderner CPUs mittels Assembler vorgestellt und erprobt. Aufbau und Funktionsweise peripherer Einheiten und Bussysteme werden ebenfalls behandelt. Die Studierenden sollen am Ende der Vorlesung den Aufbau und die Funktionsweise der Architektur eines Rechners, z.B. eines PCs, und des darin enthaltenen Prozessors nicht nur kennen, sondern auch die Gründe für deren Zustandekommen verstanden haben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung kennen die Studierenden die Grundkomponenten eines Rechners, z. B. eines PCs, und können diese auch im Zusammenspiel als Gesamtsystem erklären, sowie die Eigenheiten verschiedener Architekturen diskutieren. Sie können die Funktionsweise von Grundkomponenten wie Leitwerk, Rechenwerk, Speicherwerk, Ein-/Ausgabewerk, Bussystemen, sowie peripherer Komponenten erläutern und in die Struktur eines Computersystems einordnen. Sie kennen den Aufbau von Caches, bzw. von Speichern im Allgemeinen und verstehen die Funktionsweise der Ablaufsteuerung, insbesondere in Bezug auf die Abarbeitung von Befehlen. Weiterhin können die Studierenden Konzepte der Mikroprogrammierung unterscheiden, sowie hardwarenahe Programme in Assembler verstehen, modifizieren und erstellen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A quantitative approach, 4.Auflage, 2006, MorganKaufmann. - Patterson/Hennessy: Computer Organization & Design, 4.Auflage, 2008, MorganKaufmann. - Stallings, Computer Organization & Architecture, 8.Auflage, 2009, Prentice Hall. - Martin, Rechnerarchitekturen, 2001, Fachbuchverlag Leipzig.	

1	Modulbezeichnung	Rechnerarchitektur (Computer Architecture)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Rechnerarchitektur (V) Übungen zu Rechnerarchitektur (Anwesenheitspflicht) (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	
5	Inhalt	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, durch deren erfolgreiche Beteiligung abgestuft mit der Vorlesung 5 bzw. 7,5 ECTS erworben werden können. 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, Cell BE) - Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) - Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Multikern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA, OpenCL) - Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)	
6	Lernziele und Kompetenzen	Fachkompetenz <u>Wissen</u> - Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie können konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. <u>Verstehen</u> - Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben. <u>Anwenden</u> - Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozessorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. <u>Analysieren</u> - 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	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design - Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach - Stallings: Computer Organization and Architecture - Martin: Rechnerarchitekturen	

1	Modulbezeichnung	Approximate Computing	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Approximate Computing (V) Exercises to Approximate Computing (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jürgen Teich Prof. Dr. Oliver Keszöcze	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Jürgen Teich Prof. Dr. Oliver Keszöcze	
5	Inhalt	The following topics will be covered: - Introduction to Approximate Computing - Challenges - Approximate Arithmetics - Approximate Algorithms - Applications	
6	Lernziele und Kompetenzen	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).	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Informatik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung (30 Min.) oder Klausur (90 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100% oder Klausur 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	- J. Han and M. Orshansky, "Approximate computing: An emerging paradigm for energy-efficient design," <i>2013 18th IEEE European Test Symposium (ETS)</i>, Avignon, 2013, pp. 1-6. doi: 10.1109/ETS.2013.6569370 - Q. Xu, T. Mytkowicz and N. S. Kim, "Approximate Computing: A Survey," in <i>IEEE Design & Test</i>, vol. 33, no. 1, pp. 8-22, Feb. 2016. doi: 10.1109/MDAT.2015.2505723	

1	Modulbezeichnung	SWAT-Intensivübungen [als eBT-Aufbau] (SWAT) (SWAT is a Web Application Tutorial [eBT practical advanced training course])	5 ECTS-Punkte	
2	Lehrveranstaltungen	SWAT: Tutorium (Anwesenheitspflicht) (T) 1 SWS SWAT: Blockpraktikum (Anwesenheitspflicht) (P) 2 SWS SWAT: Praktikum (Anwesenheitspflicht) (P) 2 SWS		
3	Lehrende	Peter Schwab Demian Vöhringer		
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener		
5	Inhalt	- Entwurf und Implementierung einer typischen Web-Applikation - Kreatives Arbeiten im Team - Agile Softwareentwicklung - Verwendung von aktuellen Technologien Moderne Programmiertechniken		
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - konzipieren und implementieren eine mehrschichtige Web-Anwendung. - bewerten den Arbeitsaufwand von Aufgaben. - wenden agile Entwicklungsmethoden im Rahmen von Softwareentwicklung an. - arbeiten kooperativ und verantwortlich in Gruppen und können das eigene Kooperationsverhalten sowie die Zusammenarbeit in der Gruppe kritisch reflektieren und optimieren. arbeiten sich eigenständig in Technologien ein, stellen diese Technologien in Präsentationen vor und wenden sie im Projekt an.		
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester		
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Informatik		
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Fachvortrag, Praktikum und mündliche Prüfung (20 min)		
11	Berechnung Modulnote	Die Bewertung der Prüfungsleistung setzt sich zusammen aus - Fachvortrag (30%), - Praktikum (50%) - mündliche Prüfung (20%).		
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe		
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 115 h Eigenstudium: 35 h		
14	Dauer des Moduls	1 Semester		
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch		
16	Literaturhinweise	- Elemental Design Patterns, Smith, 2012 - Patterns of Enterprise Application Architecture, Fowler, 2003 - Scrum mit User Stories, Wirdemann, 2011 - Agile Testing, Crispin and Gregory, 2009 More Agile Testing, Crispin and Gregory, 2015		

1	Modulbezeichnung	Implementierung von Datenbanksystemen (Implementation of Database Systems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Implementierung von Datenbanksystemen (V) Übungen zu Implementierung von Datenbanksystemen (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus Meyer-Wegener	
5	Inhalt	Die Vorlesung soll einführen in den Aufbau und die Architektur von Datenbanksystemen, die Modularisierung und Schichtenbildung mit Abstraktionen verwenden. Schwerpunkt sind deshalb systemtechnische Aspekte von Datenbanksystemen. Ausgangspunkt einer Reihe von aufeinander aufbauenden Abstraktionen ist die Speicherung von Daten auf Hintergrundspeichern. Die erste Abstraktion ist die Datei. Dann werden Sätze eingeführt und auf verschiedene Weisen in Blöcken organisiert (sequenziell, mit Direktzugriff, indexsequentiell). Das schließt die Organisation eines Blockpuffers und Zugriffspfade (Indexstrukturen) unterschiedlichen Typs ein. Als zweite große Abstraktion werden Datenmodelle eingeführt und hier insbesondere das relationale. Dazu gehören sowohl Strukturen als auch Anfragesprachen wie SQL. Der zweite Teil befasst sich mit der Realisierung der Leistungen eines Datenbanksystems unter Verwendung der vorher eingeführten Sätze und Zugriffspfade ("top-down"). Das umfasst die Anfrageverarbeitung und -optimierung, aber auch die Mechanismen zur Protokollierung von Aktionen und zur Wiederherstellung von Datenzuständen nach einem Fehler oder Ausfall. Ein Schichtenmodell fasst abschließend die Aufgaben in einer Architektur für Datenbank-Verwaltungssysteme zusammen. Ziel der Vorlesung ist es also, ein grundlegendes Verständnis für den Aufbau und die Funktionsweise eines Datenbanksystems zu vermitteln.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - kennen das Schichtenmodell eines Datenbankverwaltungssystems; - verstehen das Prinzip der Datenunabhängigkeit (Datenabstraktion); - beherrschen das Aufbauprinzip einer Software-Schicht; - unterscheiden die Begriffe "Datenbank", "Datenbanksystem" und "Datenbankverwaltungssystem"; - unterscheiden die Begriffe "Datenmodell" und "Schema"; - zeigen das Konzept der blockorientierten Datei mit ihren Zugriffsoperationen auf; - unterscheiden einen Satz von einem Block; - erklären das Konzept der sequentiellen Satzdatei; - schildern das Prinzip der Wechsellagertechnik; - charakterisieren den Schlüsselzugriff auf Sätze - stellen Gestreute Speicherung (Hashing) auf der Basis von Blöcken (Buckets) dar; - formulieren die Funktionsweise des Virtuellen Hashings; - fassen die Funktionsweise eines B-Baums zusammen; - unterscheiden die Dienste eines B-Baums von denen des Hashings; - können für eine Folge von Schlüsselwerten einen B-Baum aufbauen; - unterscheiden einen B-Baum von einem B-Stern-Baum (B+-Baum); - veranschaulichen einen Bitmap-Index; - unterscheiden die Primär- und Sekundärorganisation von Sätzen; - zählen Ersetzungsstrategien der Pufferverwaltung auf und vergleichen sie; - benennen die Dienste einer Pufferverwaltung; - erklären die Konzepte "Seite" und "Segment" im Gegensatz zu "Block" und "Datei"; - unterscheiden direkte und indirekte Seitenzuordnung; - interpretieren in Programmiersprachen eingebettete Anfragesprachen und Datenbank-Unterprogrammaufrufe; - charakterisieren Datenbank-Transaktionen; - kennen die Aufrufe zur Definition von Transaktionen; - erläutern die spaltenweise Abspeicherung von Relationen; - diskutieren die algebraische Optimierung von Anfragen; - stellen Planoperatoren eines Datenbanksystems dar; - unterscheiden Planoperatoren für den Verbund; - beschreiben Kostenformeln für die Abschätzung von Anfrageausführungen; - schildern die verschiedenen Anomalien im Mehrbenutzerbetrieb; - beschreiben die Serialisierbarkeit von Transaktionen; - erläutern das Konzept der Sperren in Datenbanksystemen; - unterscheiden physische und logische Konsistenz; - kennen die vier Recovery-Klassen; - erläutern die verschiedenen Arten von Sicherungspunkten.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: Konzeptionelle Modellierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Informatik	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur mit MultipleChoice (90 min.)
11	Berechnung Modulnote	Klausur 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	- KEMPER, Alfons ; EICKLER, André: Datenbanksysteme : Eine Einführung. 9., aktual. u. erweit. Aufl. München : Oldenbourg, 2013. – ISBN 978-3-486-72139-3 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] . – Kapitel 7 bis 11 - KEMPER, Alfons ; WIMMER, Martin: Übungsbuch Datenbanksysteme. 2., aktual. u. erweit. Aufl. München : Oldenbourg, 2009. – ISBN 978-3-486-59001-2 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] . – Kapitel 7 bis 11 - HEUER, Andreas ; SAAKE, Gunter: Datenbanken : Konzepte und Sprachen. 3., aktual. u. erw. Aufl. Bonn : mitp, 2007. - ISBN 3-8266-1664-2 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - HÄRDER, Theo ; RAHM, Erhard: Datenbanksysteme : Konzepte und Techniken der Implementierung. Berlin : Springer, 1999 - ISBN 3-540-65040-7 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen] - SAAKE, Gunter ; HEUER, Andreas: Datenbanken : Implementierungstechniken. 2., aktual. u. erw. Aufl. Bonn : mitp, 2005. ISBN 3-8266-1438-0 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]

1	Modulbezeichnung	Englisch Level 2: Focus on Academic Writing (SZENL2FAW)	2,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Englisch Level 2: Focus on Academic Writing (Ü) 2 SWS	
3	Lehrende	Mitarbeiter der Abteilung Englisch für alle Fakultäten	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. Kristina Maul, Abteilung Englisch für Hörer/innen aller Fakultäten (Eng-HaF)	
5	Inhalt	This course is designed to give students a first opportunity to focus entirely on improving their writing skills. Its main objective is to give students an introduction into academic writing. The input will mainly come from academic and journalistic sources as well as the course book (see below).	
6	Lernziele und Kompetenzen	Academic Word List 4-6 make writing more academic and formal structure writing and reference sources properly tasks: essay writing + formal emails	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Entry requirements: placement test result "Level 2" OR Level 1 completed (= 4 SWS at Level 1 passed)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 4. oder 5. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc. Data Science	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	The exam will consist of continuous assessment (essay + formal email)	
11	Berechnung Modulnote	aggregate of above-mentioned tasks	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 15 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	Academic Writing Skills 2 Student's Book. Cambridge University Press. (978-1-107-62109-1)	

1	Modulbezeichnung	Englisch Level 2: Focus on Grammar and Vocabulary (SZENL2GV)	2,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Englisch Level 2: Focus on Grammar and Vocabulary Ü (Anwesenheitspflicht)	2 SWS
3	Lehrende	Mitarbeiter der Abteilung Englisch für alle Fakultäten	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. Kristina Maul, Abteilung Englisch für Hörer/innen aller Fakultäten (Eng-HaF)	
5	Inhalt	This is a language course at level B2, CEFR, in which students have the opportunity to consolidate their grammar structures and usage, and expand their academic and everyday vocabulary with the help of texts and specially devised exercises.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Academic Word List 4-6 consolidate knowledge of selected grammar structures and academic vocabulary in context focus on reading and writing tasks vocabulary: describing studies and academic coursework; the environment; health; employment; media; family grammar: present, past, and future tense and aspect; passive voice; articles; conditionals; reported speech; relative clauses; (un)countable nouns	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Entry requirements: placement test result "Level 2" OR Level 1 completed (= 4 SWS at Level 1 passed)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 4. oder 5. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc. Data Science	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Midterm and final exam: Short writing tasks and grammar/vocabulary exercises	
11	Berechnung Modulnote	aggregate of above-mentioned tasks	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 15 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Englisch Level 2: Key Discussions in the Natural Sciences (SZENL2KDNS)	2,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Englisch Level 2: Key Discussions in the Natural Sciences (Anwesenheitspflicht Ü)	2 SWS
3	Lehrende	Mitarbeiter der Abteilung Englisch für alle Fakultäten	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. Kristina Maul, Abteilung Englisch für Hörer/innen aller Fakultäten (Eng-HaF)	
5	Inhalt	This course is aimed at students of all scientific disciplines and does not concentrate on individual fields of study within the natural sciences. It consists of varied group discussion work with ongoing feedback and assistance to increase participants' fluency and accuracy in scientific English.	
6	Lernziele und Kompetenzen	increase participants' confidence, fluency and accuracy in spoken scientific English	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Entry requirements: placement test result "Level 2" OR Level 1 completed (= 4 SWS at Level 1 passed)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 4. oder 5. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc. Data Science	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	The assessment consists of two in-class listening sessions during the teaching semester and an oral examination at the end of the course.	
11	Berechnung Modulnote	aggregate of above-mentioned tasks	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 15 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Englisch Level 2: Holding Scientific Presentations (SZENL2HSP)	2,5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Englisch Level 2: Holding Scientific Presentations (Ü)	2 SWS
3	Lehrende	Mitarbeiter der Abteilung Englisch für alle Fakultäten	
4	Modulverantwortliche/r	Dr. Kristina Maul, Abteilung Englisch für Hörer/innen aller Fakultäten (Eng-HaF)	
5	Inhalt	This course is aimed at students of all scientific disciplines and does not concentrate on individual fields of study within the natural sciences. It consists of intensive presentation training for increasing the effectiveness and accuracy of presentations delivered in English.	
6	Lernziele und Kompetenzen	increasing the effectiveness and accuracy of scientific presentations delivered in English	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Entry requirements: placement test result "Level 2" OR Level 1 completed (= 4 SWS at Level 1 passed)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 4. oder 5. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc. Data Science	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	The assessment consists of two in-class presentations delivered during the teaching semester	
11	Berechnung Modulnote	aggregate of above-mentioned tasks	
12	Turnus des Angebots	2 x jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 15 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Tutoren (Tutor)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Tutorenschulung (S) Tutorentätigkeit in der Mathematik oder Informatik	1 SWS (2 Semester)
3	Lehrende	Prof. Dr. Merz	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Merz	
5	Inhalt	- Rolle als Tutor/Tutorin - Tutorien planen und gestalten - aktivierende Lehrmethoden - schwierige Situationen im Tutorium - Selbstständige Leitung einer Übungsgruppe zu einer Mathematik- oder Informatikvorlesung unter der fachlichen Betreuung durch einen Hochschullehrer/ einer Hochschullehrerin - Didaktische Grundprinzipien wissenschaftlicher Lehre - Praktische Umsetzung des Gelernten in Tutoren- und Übungsgruppen - Erfassen und Analyse möglicher Verständnismängel auf studentischer Seite im Gespräch; Anleitung der Studierenden zu deren möglichst selbstständiger Behebung - Weitgehend selbstständige Zuarbeit bei der Korrektur und Bewertung der studentischen Arbeit; Kommunikation von Lösungen und Bewertungen an die Studierenden	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - Kennen die didaktischen Grundprinzipien wissenschaftlicher Lehre Die Studierenden - können die didaktischen Grundprinzipien wissenschaftlicher Lehre in einer Übungsgruppe zu einer Mathematik- oder Informatikvorlesung planen und umsetzen - Können Übungsgruppe zu einer Mathematik- oder Informatikvorlesung unter der fachlichen Betreuung durch einen Hochschullehrer/ einer Hochschullehrerin selbstständig leiten - können mathematische oder informatikwissenschaftliche Inhalte aus der Rolle des Experten kommunizieren	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2.-3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Teilnahme Tutorenschulung Tutorentätigkeit in der Mathematik oder Informatik (2 Semester) schriftliche Ausarbeitung (Projektbericht (ca. 5 Seiten))	
11	Berechnung Modulnote	Teilnahme Tutorenschulung (unbenotet) Tutorentätigkeit in der Mathematik oder Informatik (unbenotet) schriftliche Ausarbeitung (Projektbericht (unbenotet))	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: Tutorenschulung 12 h Tutorentätigkeit in der Mathematik oder Informatik 132 h Eigenstudium: Projektbericht 6 h	
14	Dauer des Moduls	2 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Betriebspraktikum (Industrial Placement)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Betriebspraktikum von (mindestens) vier Wochen Dauer	
3	Lehrende	Ausbildungsbetreuer eines Unternehmens oder einer Institution	
4	Modulverantwortliche/r	Ausbildungsbetreuer eines Unternehmens oder einer Institution	
5	Inhalt	Praktikumstätigkeit außerhalb der Universität bei einem Unternehmen oder einer Institution. Das Modul ermöglicht das Sammeln von berufspraktischer Erfahrung im mathematischen/informatikwissenschaftlichen Berufsfeld von Data Sciences.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - verfügen über Kenntnisse und Erfahrungen in einem bestimmten mathematischen/informatikwissenschaftlichen Berufsfeld - kennen die Strukturen betrieblicher Arbeitsabläufe und können die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten in einem Bereich der beruflichen Praxis anwenden - sind in der Lage, ihre eigenen Fähigkeiten und Interessen anhand der berufspraktischen Erfahrungen zu reflektieren - kennen die Abläufe von beruflichen Bewerbungsverfahren	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Mathematik - B. Sc./M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Bericht (Umfang: max. 15 Seiten) mit Datendeckblatt	
11	Berechnung Modulnote	Detaillierter schriftlicher Arbeitsbericht (unbenotet) Beurteilung durch den Betrieb (unbenotet)	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Gesamtstunden: 150 h (4 Wochen)	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Akademische Selbstverwaltung (Academic Self-Government)	5 ECTS-Punkte																
2	Lehrveranstaltungen	Coaching Mentoring FSI, Gremienarbeit oder Mentoring	12 Stunden 132 Stunden																
3	Lehrende																		
4	Modulverantwortliche/r	Studiendekanin/Studiendekan																	
5	Inhalt	- Kenntnisse über die Gremien und Organisation des Departments Mathematik und deren Arbeitsweisen. - Methoden und Techniken zur Reflexion der eigenen Position im Rahmen der FSI, Gremienarbeit oder Mentoring. - Methoden zur Erarbeitung übergeordneter Ziele zum Wohle einer größeren Organisationsstruktur. - Möglichkeiten und Grenzen bei der Realisierung gesetzter Ziele. - Anwendung von Führungsmethoden in der Beratungs- und Gremienarbeit und der Verwaltung der Hochschule.																	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - können Aufgaben und Struktur des Departments Mathematik erkennen - können Methoden der Team-, Gremienarbeit oder Mentoring anwenden - können die freiwillige Übernahme von Verantwortung als Studierenden an der Universität als Vorbereitung auf das spätere Berufsleben steuern - können Vorschläge zur Verbesserung der Abläufe in den genannten Themenfeldern ausarbeiten - erwerben zentrale Kompetenzen der Planung, Organisation und Präsentation, Grundkenntnisse in der Projektplanung sowie Kompetenzen in Rhetorik, der Selbstpräsentation und der freien Rede - können Methoden der Reflexion anwenden																	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	- Ein vorbereitendes Gespräch (Coaching) beim Studiendekan - Aktive Mitarbeit in der Fachschaftsinitiative des Departments für mindestens 1 Jahr, plus wahlweise - o Mitglied im Akademischen Senat, - o Mitglied im Fakultätsrat bzw. Departmentrat oder im Studienausschuss des Departments Mathematik - o Referent/in, Vorsitzende/r oder stellvertretende/r Vorsitzende/r des Sprecherrates des Studentischen Konvents (oder Übernahme vergleichbarer Aufgaben, z.B. in der Fachschaftsvertretung der Naturwissenschaftlichen Fakultät), sodass die Modulziele und -inhalte praktisch umgesetzt und reflektiert werden können. Die Tätigkeit im jeweiligen Gremium muss mindestens ein halbes Jahr umfassen. Sie kann durch die Tätigkeit in Ausschüssen der genannten Gremien ergänzt werden.																	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester																	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences - B. Sc./M. Sc. Mathematik																	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftliche Ausarbeitung (Projektbericht, ca. 2 Seiten)																	
11	Berechnung Modulnote	unbenotet																	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im SoSe																	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: <table><tr><td>Coaching Mentoring</td><td>12 h</td></tr><tr><td>FSI</td><td>72 h</td></tr><tr><td>oder</td><td></td></tr><tr><td>Gremienarbeit oder Mentoring</td><td>16 h</td></tr></table> Eigenstudium: <table><tr><td>Projektbericht</td><td>6 h</td></tr><tr><td>FSI</td><td>60 h</td></tr><tr><td>oder</td><td></td></tr><tr><td>Gremienarbeit oder Mentoring</td><td>116 h</td></tr></table>		Coaching Mentoring	12 h	FSI	72 h	oder		Gremienarbeit oder Mentoring	16 h	Projektbericht	6 h	FSI	60 h	oder		Gremienarbeit oder Mentoring	116 h
Coaching Mentoring	12 h																		
FSI	72 h																		
oder																			
Gremienarbeit oder Mentoring	16 h																		
Projektbericht	6 h																		
FSI	60 h																		
oder																			
Gremienarbeit oder Mentoring	116 h																		
14	Dauer des Moduls	1 Semester																	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch und Englisch																	
16	Literaturhinweise																		

1	Modulbezeichnung	Graph Routing and Applications GrRaA)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Lecture Graph Routing and Applications (V) Tutorial to Graph Routing and applications (Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Francisco Javier Zaragoza Martínez	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alexander Martin	
5	Inhalt	The origins of graph theory are usually traced back to Euler's solution to the famous amusement known as the Königsberg bridges problem, that is, the problem of starting at some point, traversing each bridge exactly once, and returning to the original point. Since then, numerous generalizations and variants of this problem have been proposed. In this course we are going to present some basic graph routing problems (known as the postman problem and the traveling salesman problem), we are going to cover the necessary graph theoretical concepts and mathematical programming techniques used to model these problems (usually as linear integer programs), and we are going to describe algorithmic methods for their solution.	
6	Lernziele und Kompetenzen	At the end of this module, students should be able to (a) recognize the basic arc and edge graph routing problems, (b) solve graph routing problems using well-known combinatorial algorithms, (c) model more complex graph routing problems using integer programming, (d) apply mathematical programming techniques to solve practical graph routing problems.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: - Modul LKOpt: Lineare und Kombinatorische Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Science - B. Sc./M.Sc. Mathematik - B. Sc./M.Sc. Wirtschaftsmathematik - M.Sc. Computational and Applied Mathematics - B. Sc. Technomathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Written exam (60 min.) with exercises	
11	Berechnung Modulnote	Written exam 100%	
12	Turnus des Angebots	Not annually	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	Half a semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	English	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Kryla: Kryptographie I – Teil 1 (Cryptography I – Part 1)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Kryptographie I – Teil 1(V) Übungen zur Kryptographie I – Teil 1(Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	
5	Inhalt	Einführung in die Kryptographie - Klassische Chiffrierverfahren - Grundeigenschaften der Ringe Z und Z/nZ - Primzahltests - Public-Key-Kryptosysteme – RSA - Fermat-Faktorisierung Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erklären wichtige kryptographische Verfahren und wenden diese praktisch an - nützen Software wie Python3 oder Sage zur Ver- und Entschlüsselung sowie zur Kryptoanalyse - erläutern wichtige zahlentheoretische Algorithmen, ihre theoretischen Hintergründe und ihre Funktion bei der Konstruktion von Public-Key-Kryptosystemen	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und Lineare Algebra I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M.Sc. Data Science - B. Sc./M.Sc. Mathematik - B.Sc./M. Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	- Übungsleistungen (unbenotet) - Klausur (90 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Klausur (100 %)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	ein halbes Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	- J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie - J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silvermann: An Introduction to Mathematical Cryptography	

1	Modulbezeichnung	Krylla: Kryptographie II – Teil 1 (Cryptography II – Part 1)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Kryptographie II – Teil 1(V) Übungen zur Kryptographie II – Teil 1(Ü)	2 SWS 1 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	
5	Inhalt	Die Vorlesung wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten, wobei jeweils ein spezielles zahlentheoretisches Gebiet (wie elliptische Kurven, quadratische Zahlkörper, Gitter) die Grundlage für kryptographische Anwendungen bildet.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erklären fortgeschrittene kryptographische Verfahren und ihre mathematischen Hintergründe; - setzen geeignete Software zum praktischen Umgang mit den besprochenen Kryptosystemen ein.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Kryptographie I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M.Sc. Data Sciences - M. Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	- Mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	ein halbes Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Lineare Komplementaritätsprobleme (LCP) (Linear Complementarity Problems)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Lineare Komplementaritätssysteme (V) Übung zu Lineare Komplementaritätssysteme (Ü)	2 SWS 2 SWS
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers	
5	Inhalt	In dem Modul werden lineare Komplementaritätsprobleme behandelt. Wir starten mit der Definition der Problemklasse und diskutieren die Zusammenhänge zur linearen und quadratischen Optimierung, zur Spieltheorie sowie zur Modellierung von Gleichgewichten. Anschließend behandeln wir Fragen der Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen und besprechen zuletzt grundlegende Verfahren zur Lösung dieser Problemklasse.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erkennen lineare Komplementaritätsprobleme und können sowohl Gleichgewichtsprobleme als auch spezielle spieltheoretische Probleme mit der Sprache der linearen Komplementaritätsprobleme modellieren. Für ein gegebenes Problem können sie die Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen klären und Algorithmen anwenden, um konkrete Problemstellungen zu lösen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Lineare Algebra 1 & 2 - Analysis 1 & 2 Wünschenswert: - Nichtlineare Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in: - M.Sc. Data Science - M.Sc. Mathematik - M.Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Mündliche Prüfung (15 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	Mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung	Projektseminar Optimierung (Master) (ProO)	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Projektseminar Optimierung (S) 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers	
4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alexander Martin	
5	Inhalt	Anhand einer konkreten Anwendung sollen, die im Studium bis dahin erworbene Kenntnisse zu mathematischen Optimierungsmodellen und -methoden umgesetzt werden. Der Inhalt ergibt sich aus einer aktuellen Problemstellung häufig in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner. Als Beispiele seien die Wasserversorgung einer Stadt, die Gestaltung einer energieeffizienten Fassade eines Bürogebäudes oder das Baustellenmanagement im Schienenverkehr genannt. Das Seminar wird als Projekt durchgeführt. Das heißt, Studierende werden, in Teams von bis zu 4 Personen, die in der ersten Woche ausgehändigte Aufgabenstellung im Laufe des Semesters bearbeiten. Es werden zu vorgegebenen Meilensteinen Zwischenberichte (teilweise in Form von Präsentationen) erwartet. Am Ende des Semesters werden die Teams ihre Lösungsvorschläge vorstellen und vergleichen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - führen selbständig in Teams ein größeres Projekt durch, in dem sie eine reale Fragestellung modellieren, Lösungsverfahren entwickeln und implementieren und ihre Ergebnisse auf die Praxis anwenden; - präsentieren die Ergebnisse der Projektarbeit und diskutieren diese; - tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlen: - Lineare Algebra - Kombinatorische Optimierung	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in: - B. Sc. Wirtschaftsmathematik Wahlpflichtmodul in: - M.Sc. Wirtschaftsmathematik - M. Sc. Mathematik - M.Sc. Data Sciences	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Als Pflichtmodul - Vortrag (45 Min.) - schriftliche Ausarbeitung (5-10 Seiten) als Schlüsselqualifikation: - Unbenoteter Vortrag und schriftliche Ausarbeitung	
11	Berechnung Modulnote	Pflichtmodul: - Vortrag (50 %) und schriftliche Ausarbeitung (50 %) Schlüsselqualifikation: - Unbenotet	
12	Turnus des Angebots	mindestens einmal jährlich	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Bekanntgabe zu Beginn der Veranstaltung	

Masterseminar (M8)

1	Modulbezeichnung	Masterseminar	5 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Masterseminar (S)	2 SWS
3	Lehrende	Dozentinnen / Lehrende der Mathematik und Informatik	
4	Modulverantwortliche/r	Studiendekan/in	
5	Inhalt	Die aktuell angebotenen Themen werden von den Lehrende rechtzeitig bekannt gegeben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik; - analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden; - verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; - tauschen sich untereinander und mit den Lehrende über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	nach Vorgabe der Dozentin/des Lehrende	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Seminarleistung	
11	Berechnung Modulnote	Seminarleistung 100%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils WiSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit ca.: 30 h Eigenstudium ca.: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		

Masterarbeit (M9)

1	Modulbezeichnung	Masterarbeit	30 ECTS-Punkte
2	Lehrveranstaltungen	Masterarbeit Masterkolloquium	SWS SWS
3	Lehrende	Hochschullehrer/in der Mathematik und Informatik	
4	Modulverantwortliche/r	Studiendekan/in	
5	Inhalt	Eigenständige Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe im Bereich von Data Sciences unter Anleitung und schriftliche Ausarbeitung. Betreuung durch Hochschullehrer/in der Mathematik	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden - bearbeiten eine Problemstellung aus dem Bereich von Data Sciences mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese strukturiert in schriftlicher Form dar; - wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele. - können eine wissenschaftliche Fragestellung über einen längeren Zeitraum verfolgen, sie selbstständig und innerhalb einer vorgegebenen Frist bearbeiten - eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher Problemstellungen entwickeln - fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich präsentieren und argumentativ vertreten - ihre Planungs- und Strukturierungsfähigkeit in der Umsetzung eines thematischen Projektes erweitern	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme		
8	Einpassung in Musterstudienplan	4. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in: - M. Sc. Data Sciences	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Masterarbeit (ca. 60 Seiten) und Vortrag mit mündlicher Prüfung (ca. 60 + 15 min)	
11	Berechnung Modulnote	Masterarbeit 85% und Vortrag mit mündlicher Prüfung 15%	
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils SoSe	
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit ca.: 10 h Eigenstudium ca.: 890 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	
16	Literaturhinweise		