

Modulhandbuch

für den Studiengang

Data Science (M.Sc.)

Wintersemester 2021/22

Hinweise:

- Weitere Informationen zu den einzelnen Studiengängen (Studien- und Prüfungsordnungen, Studienberatung, etc.) finden Sie auf
www.math.fau.de/studium
- Semesteraktuelle Informationen zu den angebotenen Lehrveranstaltungen finden Sie im UnivIS-Vorlesungsverzeichnis.
- Module eines Studiengangs sind in der jeweiligen Prüfungsordnung festgelegt. Diese Sammlung umfasst die Module, die vom Department Mathematik in den jeweiligen Studiengängen verwendet werden.

Module von angewandten Fächern und technischen Qualifikationen werden nicht explizit im Modulhandbuch erwähnt.

Bitte schauen Sie in die Modulkataloge für alle verfügbaren Module und überprüfen Sie im UnivIS, welche Module im nächsten Semester angeboten werden.

Modulbeschreibungen zu den folgenden, englischsprachigen Modulen finden Sie im Modulhandbuch des Masterstudiengangs Computational and Applied Mathematics (CAM).

- Algorithmic Game Theory
- Discrete Optimization I
- Efficient Discretizations of two-phase flow
- Inverse Problems and their Regularizations
- Master's seminar MApA
- Master's seminar NASI
- Master's seminar Opti
- Master's Thesis
- Mathematical Modeling in the Life Sciences
- Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I
- Numerics of Partial Differential Equations

Modulbeschreibungen zu den folgenden Modulen finden Sie im Modulhandbuch des Masterstudiengangs Mathematik/Wirtschaftsmathematik/Technomathematik.

- Introduction to Operator Algebras
- Kryptographie I
- Lie-Algebren
- Masterarbeit Mathematik
- Masterarbeit Wirtschaftsmathematik
- Masterseminar
- Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I
- Mathematische Statistik
- Partielle Differentialgleichungen I
- Partielle Differentialgleichungen III
- Quantenmechanik
- Reelle Analysis
- Spektraltheorie

Inhaltsverzeichnis

Englische Module	5
AlgNLOpt: Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization	6
AdDiscTech: Advanced Discretization Techniques.....	7
Module: AGT: Algorithmic Game Theory	9
Module ArtIntI: Artificial Intelligence I	11
Module CGA: Convex Geometry and Applications	12
DiscOpt I: Discrete Optimization I	14
IPReg: Inverse Problems and their Regularization	16
MLISP: Machine Learning in Signal Processing	17
Modul MathKNN I: Mathematical Foundations of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics I	19
MoL: Mathematics of Learning	21
Module MOSES: Modeling, Optimization and Simulation of Energy Systems (MOSES)	22
Module PR: Pattern Recognition	24
Module SaM1: Simulation and Modeling 1	26
Module SaSC1: Simulation and Scientific Computing 1	28
Module TrPh: Transport Phenomena	30
Deutsche Module.....	33
Module eBTuEI: eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme	34
Modul KvDS: Kolloquiumsvorlesung Digitale Souveränität.....	38
Module Middleware Cloud Computing	40
Modul PDG I: Partielle Differentialgleichungen I	43

Englische Module

1	Module name	AlgNLOpt: Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 0.5 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Stingl michael.stingl@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Stingl michael.stingl@fau.de	
5	Content	Several of the following topics: <ul style="list-style-type: none">• 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	Learning objectives and skills	Students <ul style="list-style-type: none">• use methods of nonlinear constrained optimization in finite dimensional spaces,• analyse convergence behaviour of these methods and derive robust and efficient realisations,• apply these abilities to technical and economic applications.	
7	Prerequisites	Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended.	
8	Integration into curriculum	1st semester	
9	Module compatibility	<ul style="list-style-type: none">• Mandatory elective module for MSc in Computational and Applied Mathematics• Mandatory elective module for MSc in Mathematics in the field of study "Modelling, Simulation and Optimization"• Mandatory elective module for the MSc in Mathematics and Economics in the field of study "Optimization and process management"• Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study "Databased optimization"	
10	Method of examination	oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	100% based on oral exam	
12	Module frequency	Winter semester (not annually) To check whether the course is offered, see UnivIS univis.fau.de or module handbook of current semester	
13	Workload	Contact hours: 37.5 hrs Independent study: 112.5 hrs Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	English	
16	Recommended reading	<ul style="list-style-type: none">• C.T. Kelley: Iterative Methods for Optimization, SIAM,• J. Nocedal & S. Wright: Numerical Optimization, Springer.	

	Module name	AdDiscTech: Advanced Discretization Techniques	ECTS 10
2	Courses/lectures	a) Lecture: 4 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hr/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Eberhard Bänsch baensch@math.fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Eberhard Bänsch baensch@math.fau.de	
5	Content	<ul style="list-style-type: none"> • conforming and non-conforming finite element methods • saddle point problems in Hilbert spaces • mixed finite element methods for saddle point problems, in particular for Darcy and Stokes • Streamline-Upwind Petrov-Galerkin (SUPG) and discontinuous Galerkin (dG) finite element methods (FEM) for convection dominated problems • Finite Volume (FV) methods and their relation to FEM • a posteriori error control and adaptive methods 	
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have a discriminating understanding, both theoretically and computationally of FE as well as FV methods for the numerical solution of partial differential equations (pde) (in particular of saddle point problems), • are capable of developing problem dependent FE or FV methods and judge on their properties regarding stability and effectiveness, • are familiar with a broad spectrum of pde problems and their computational solutions, • are capable of designing algorithms for adaptive mesh control. 	
7	Prerequisites	Recommended: Introduction to numerical methods for PDEs, Functional analysis	
8	Integration into curriculum	1st semester	
9	Module compatibility	Mandatory elective module for MSc in Computational and Applied Mathematics Compulsory elective module for MSc in Mathematics Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study "Simulation and Numerics" and "MSO"	
10	Method of examination	oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	100% based on oral exam	
12	Module frequency	Winter semester (annually)	
13	Workload	Contact hours: 75 hrs Independent study: 225 hrs Total: 300 hrs, corresponding to 10 ECTS credits	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	English	

16	Recommended reading	<ul style="list-style-type: none">• A. Ern, J.-L. Guermond: Theory and Practice of Finite Elements• A. Quarteroni & A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations• P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations, Springer• D. A. Di Pietro & A. Ern: Mathematical aspects of discontinuous Galerkin methods. Springer 2012
----	----------------------------	---

1	Module name	Module: AGT: Algorithmic Game Theory	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lectures: 2 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Yiannis Giannakopoulos yiannis.giannakopoulos@fau.de	Opti
4	Module coordinator	Prof. Dr. Yiannis Giannakopoulos yiannis.giannakopoulos@fau.de	
5	Content	The main goal of this course is to highlight the intriguing interplay between optimality, simplicity, efficiency and robustness in the design and analysis of systems involving many different selfish strategic players, with an emphasis in the intersection between Economics and Algorithmic Theory. Can we predict the possible outcomes of such dynamic situations? Can we motivate the players and design specific rules, so that those outcomes are stable and desirable? How well and how efficiently can we approximate the above objectives? These questions are very important and relevant in many modern, real-life applications, where the Internet has been established as the main platform for agent-interaction and computing.	
6	Learning objectives and skills	Upon successful completion of this module, students have a comprehensive understanding of the foundations of algorithmic game theory and algorithmic mechanism design. In particular, they can: <ul style="list-style-type: none"> - design and analyse efficient mechanisms for various settings involving rational selfish players, most notably Bayesian revenue-maximizing auctions - quantify the loss in performance of a system due to selfish behaviour (price of anarchy), most notably in traffic routing - understand the concept of differentiating between various equilibria outcomes and selecting the desired ones (potentials and equilibrium refinement) - understand the concept of learning dynamics in game-playing, such as best-responses 	
7	Prerequisites	Recommended: Basic knowledge of <ul style="list-style-type: none"> - calculus - probability theory - linear/combinatorial optimization and/or algorithms & complexity 	
8	Integration into curriculum	1st or 3rd semester	
9	Module compatibility	Mandatory elective module for MSc in Computational and Applied Mathematics Elective module for MSc in Mathematics Elective module for MSc in Mathematics and Economics	
10	Method of examination	Oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	Oral exam (100%)	
12	Module frequency	Winter semester (annually)	
13	Workload	Attendance: 45 h Self-study: 105 h	

14	Module duration	One semester
15	Teaching and examination language	English
16	Recommended reading	<ul style="list-style-type: none"> - T. Roughgarden, "Twenty Lectures on Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2016. - Nisan, Roughgarden, Tardos & Vazirani (Eds), "Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2007

1	Module name	Module ArtIntl: Artificial Intelligence I	ECTS 7,5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 2 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Michael Kohlhase michael.kohlhase@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Michael Kohlhase michael.kohlhase@fau.de	
5	Content	This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.	
6	Learning objectives and skills	<p>Knowledge:</p> <ul style="list-style-type: none"> - The students learn foundational representations and algorithms in AI. <p>Application:</p> <ul style="list-style-type: none"> - The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). <p>Analysis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. <p>Social Competences:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah). 	
7	Prerequisites		
8	Integration into curriculum	1st semester	
9	Module compatibility	Mandatory elective module: <ul style="list-style-type: none"> - B. Sc. Data Science (Datenbanken / Wissensrepräsentation) - M. Sc. Data Science (Machine Learning/Artificial Intelligence) - B.Sc./M. Sc. Informatik 	
10	Method of examination	Written exam (90 min.) and completed practical exercises	
11	Grading Procedure	100% based on written exam	
12	Module frequency	Winter semester (annually)	
13	Workload	Contact hours: 60 hrs Independent study: 165 hrs Total: 225 hrs, corresponding to 7,5 ECTS credits	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	German or English (Choice of students)	
16	Recommended reading	- Stuart Russell & Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.	

1	Module name	Module CGA: Convex Geometry and Applications	ECTS 5	
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hr/week		
3	Lecturers	Prof. Dr. Timm Oertel timm.oertel@fau.de		
4	Module coordinator	Prof. Dr. Timm Oertel timm.oertel@fau.de		
5	Content	<p>The module comprises of two parts.</p> <p>The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation and the classical results of Carathéodory, Helly and Radon.</p> <p>The second part will be more specialized, focusing on ellipsoids, including ellipsoidal approximation and volume concentration. Applications in optimization and data science will be highlighted throughout.</p>		
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • will learn the foundations of classical convex geometry • apply concepts and tools from convex geometry to modern applications in optimization and data science 		
7	Prerequisites	<p>Linear Algebra and Analysis is required</p> <p>Basic knowledge in Probability Theory is recommended</p>		
8	Integration into curriculum	<p>From 1st semester</p>		
9	Module compatibility	<p>Mandatory elective module for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. in Data Sciences “Data-oriented optimization” and “Mathematical Theory/Basics of Data Science” • M. Sc. in Mathematics within “Modelling, Simulation and Optimization” • M. Sc. in Mathematics and Economics within “Optimization and process management” <p>Free elective module in M. Sc. Computational and Applied Mathematics</p>		
10	Method of examination	<p>Oral exam (15 minutes)</p>		
11	Grading Procedure	<p>100% oral exam</p>		
12	Module frequency	<p>Winter semester (not annually)</p>		
13	Workload	<p>Contact hours: 45 h Independent study: 105 h Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits</p>		
14	Module duration	<p>One semester</p>		

15	Teaching and examination language	English (the examination can be done in German on request)
16	Recommended reading	TBA

1	Module name	DiscOpt I: Discrete Optimization I	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hr/week	
3	Lecturers	Dr. Andreas Bärmann andreas.baermann@math.uni-erlangen.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Alexander Martin alexander.martin@fau.de	
5	Content	Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed.	
6	Learning objectives and skills	Students <ul style="list-style-type: none"> will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs), are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software. 	
7	Prerequisites	Recommended: Linear and Combinatorial Optimization	
8	Integration into curriculum	1st or 3rd semester	
9	Module compatibility	Mandatory elective module for MSc Computational and Applied Mathematics, Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study “Databased optimization” Elective module for MSc in Mathematics, Elective module for MSc in Mathematics and Economics, Core/research module MSc Mathematics within “Modeling, simulation, optimization”, MSc Mathematics and Economics within “Optimization and process management”	
10	Method of examination	Oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	100% based on oral exam	
12	Module frequency	Winter semester (not annually) To check whether the course is offered, see UnivIS: univis.fau.de	
13	Workload	Contact hours: 45 h Independent study: 105 h Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	English	

16	Recommended reading <p>Lecture notes 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</p>
----	---

1	Module name	IPReg: Inverse Problems and their Regularization	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 0.5 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Martin Burger, Dr. Philipp Wacker martin.burger@math.fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Martin Burger martin.burger@math.fau.de	
5	Content	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	Learning objectives and skills	Students <ul style="list-style-type: none"> • develop understanding for special aspects of inverse problems and ill-posedness, • 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	Prerequisites	Recommended: basic knowledge in functional analysis	
8	Integration into curriculum	1 st or 3 rd semester	
9	Module compatibility	Mandatory elective module for MSc in Computational and Applied Mathematics Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study "Simulation and Numerics" and "MSO" Elective module for MSc in Mathematics Elective module for MSc in Mathematics and Economics	
10	Method of examination	Oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	100% based on oral exam	
12	Module frequency	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	Workload	Contact hours: 37,5 hrs Independent study: 112,5 hrs Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	English	
16	Recommended reading	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	Module name	MLISP: Machine Learning in Signal Processing	ECTS 5	
2	Courses/lectures	Machine Learning in Signal Processing (3 SWS) Supplements for Machine Learning in Signal Processing (1 SWS)		
3	Lecturers	PD Dr.-Ing. habil. Jürgen Seiler juergen.seiler@fau.de		
4	Module coordinator	PD Dr.-Ing. habil. Jürgen Seiler juergen.seiler@fau.de		
5	Content	<p>This course is an introduction into machine learning and artificial intelligence. The special emphasis is on applications to modern signal processing problems. The course is focused on design principles of machine learning algorithms. The lectures start with a short introduction, where the nomenclature is defined. After this, probabilistic graphical models are introduced and the use of latent variables is discussed, concluding with a discussion of hidden Markov models and Markov fields. The second part of the course is about deep learning and covers the use of deep neural networks for machine learning tasks. In the last part of the lecture, the use of deep neural networks for speech processing tasks is introduced.</p> <p>The course is based on the materials and video footage from Dr. Roland Maas. He is an outstanding machine learning expert and a former member of the Chair of Multimedia Communications and Signal Processing.</p>		
6	Learning objectives and skills	<p>After attending the lecture, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand regression and classification problems • apply PDF estimation algorithms • understand Gaussian mixture models and expectation-maximization • apply principal component analysis and independent component analysis • assess different estimation algorithms • explain the application of machine learning to system identification • apply hidden Markov models • understand different artificial neural network architectures • explain deep learning principles • apply artificial neural networks • devise learning strategies for deep neural networks • assess the application of deep neural networks for speech processing tasks. 		
7	Prerequisites	Fundamentals of Mathematics, especially Statistics, Probability Calculus, Linear Algebra Signal Processing Systems Theory		
8	Integration into curriculum	BA after 4 th semester MA in any semester		

9	Module compatibility	<ul style="list-style-type: none"> WF EEI-BA after 5 PF ASC-MA 1-4 (ECTS-Credits: 5) WPF CME-MA 1-4 (ECTS-Credits: 5) WPF ICT-MA-ES 1-4 (ECTS-Credits: 5) WPF ICT-MA-MPS 1-4 (ECTS-Credits: 5) WPF ICT-MA-NDC 1-4 (ECTS-Credits: 5) WPF CE-MA-TA-IT 1-4 (ECTS-Credits: 5) WF EEI-MA ab 1 Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study "Mathematische statistische Datenanalyse"
10	Method of examination	Written exam (90 min)
11	Grading Procedure	Written exam
12	Module frequency	TBD
13	Workload	150 h
14	Module duration	One Semester
15	Teaching and examination language	English
16	Recommended reading	<ul style="list-style-type: none"> C. M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, http://www.research.microsoft.com/en-us/um/people/cmbishop/PRML S. Theodoridis and K. Koutroumbas: Pattern Recognition M. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning.

1	Module name	Modul MathKNN I: Mathematical Foundations of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics I (deutsche Bezeichnung: Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Datenanalyse I)	ECTS 5	
2	Courses/lectures	Lecture / Vorlesung		
3	Lecturers	Dr. Hans-Georg Zimmermann hans.georg.zimmermann@iis.fraunhofer.de	MApA NASi Opti	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Alexander Martin alexander.martin@fau.de		
5	Content	<p>The vision of Artificial Intelligence (AI) is to realize analogies of human thinking on computers. This includes Perception (not only numbers but image and audio information), Model Building (causality analysis in the observations) and Optimal Action Planning (to evaluate the optimality of a planned action an underlying forecast model is essential to check the consequences of the proposed action). Since the origin of AI in the middle of the last century Neural Networks was seen as an adequate mathematics to do so. But it took more than half a century to develop the appropriate mathematical methods in combination with the increasing power of the computer hardware. This does not mean, that the scientific subject is completed, but now we are able to work on perception, high dimensional nonlinear modelling and action planning.</p> <p>The course MathKNN I, held in the winter term, will focus on Feedforward Neural Networks. In many presentations this is seen as a nonlinear function class (with universal approximation capability) and some nonlinear regression techniques. The result of the model building depends on the amount and the quality of the training data. In our lecture we will follow another guideline: The task is to merge an a priori mathematical structure (the neural net) and data (in our applications mostly time series or cross section data). Before the learning from data, an important view is the mathematical quest for a reasonable a priori formulation of the structure, such that our thinking contributes to the quality of the results. This is especially important if you have small data sets for the learning. In the lecture we will discuss high dimensional nonlinear regression, classification, deep learning, unsupervised learning, neuro-fuzzy, imaging and complex valued networks.</p> <p>The lecture will also touch the relationship between AI and human intelligence. We should not see both forms of intelligence as a destructive competition but should look for a complement of the different qualities.</p>		
6	Learning objectives and skills	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> - learn for which applications the above approach is appropriate - learn to think in an architectural style of neural networks - learn mathematical techniques which are adequate as tools 		
7	Prerequisites	Mathematical Basics from Bachelor-Studium		
8	Integration into curriculum	1st semester Master		

9	Module compatibility	Mandatory module for: <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. Mathematics • M. Sc. Mathematics and Economics (optimization and processmanagement)
10	Method of examination	oral exam (15 minutes)
11	Grading Procedure	100% based on oral exam
12	Module frequency	winter semester (annually)
13	Workload	Workload 150 h davon: <ul style="list-style-type: none"> - Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h - Bearbeitung von Übungsaufgaben: 20 h - Selbststudium: 100 h
14	Module duration	one semester (Vorlesung als Blockveranstaltung vor Semesterbeginn)
15	Teaching and examination language	English / German
16	Recommended reading	none

1	Module name	MoL: Mathematics of Learning	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 2 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Frauke Liers	
4	Module coordinator	Prof. Dr. M. Burger martin.burger@fau.de	
5	Content	- Machine learning: empirical risk minimization, kernel methods and variational models - Mathematical aspects of deep learning - Ranking problems - Mathematical models of network interaction	
6	Learning objectives and skills	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	Prerequisites	Prerequisites: Basic knowledge in numerical methods and optimization is recommended.	
8	Integration into curriculum	1 st semester or 3 rd semester	
9	Module compatibility	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	Method of examination	written or oral exam, according to the Corona regulations	
11	Grading Procedure	100% based on written or oral exam	
12	Module frequency	Module frequency Wintersemester (annualy)	
13	Workload	Contact hours: 60 hrs Independent study: 90 hrs Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits	
14	Module duration	One Semester	
15	Teaching and examination language	English	
16	Recommended reading	Courville, Goodfellow, Bengio, Deep Learning, MIT Press, 2015 Hastie, Tibshirani, Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2008	

1	Module name	Module MOSES: Modeling, Optimization and Simulation of Energy Systems (MOSES)	ECTS 5	
2	Courses/lectures	a) Lectures: 2 semester hrs/week b) Practical: 2 semester hrs/week		
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Marco Pruckner marco.pruckner@fau.de		
4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Marco Pruckner marco.pruckner@fau.de		
5	Content	<p>The lecture Modeling, Optimization and Simulation of Energy Systems deals with system-technical planning and analysis methods that are used to solve complex and interdisciplinary decision-making tasks in the energy industry. The most important methods and procedures are taught on the basis of practical issues (e.g. expansion of renewable energies, increase in electromobility) from energy policy planning and how to deal with technical-economic problems.</p> <p>Tools used include the statistical software R, AnyLogic and IpSolve. Previous experience with these tools is not required. Introductions to the software packages will be given in the practical lessons.</p> <p>Please note that this course is only available in German language!</p>		
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • distinguish problems and challenges associated with the energy transition • understand the advantages and possible applications of computer-aided planning methods in the energy sector • analyze different problems and implement solutions for them • learn various methods of data analysis, optimization and simulation 		
7	Prerequisites	No prerequisites are necessary		
8	Integration into curriculum			
9	Module compatibility	Mandatory elective module for MSc in Data Science in the field of study "Simulation and Numerics"		
10	Method of examination	Oral examination (duration: 30 min) or written examination (if number of participants > 25)		
11	Grading Procedure	<p>The module examination consists of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Working on four assignment sheets in groups of 2-3 students. For the ungraded practice certificate, all assignment sheets must be solved correctly and handed in - Oral examination (duration: 30 min) or written examination (if number of participants > 25) 		
12	Module frequency	Annually (winter term)		
13	Workload	<p>Contact hours: 60 hrs Independent study: 90 hrs Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits</p>		

14	Module duration	Winter term
15	Teaching and examination language	Teaching language: German; Examination language: German or English
16	Recommended reading	No additional reading necessary

1	Module name	Module PR: Pattern Recognition	ECTS 5	
2	Courses/lectures	a) Lectures: 3 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hr/week		
3	Lecturers	Prof. Dr. Andreas Maier andreas.maier@fau.de		
4	Module coordinator	Prof. Dr. Andreas Maier andreas.maier@fau.de		
5	Content	<p>Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bayesian classifier - Logistic Regression - Naive Bayes classifier - Discriminant Analysis - norms and norm dependent linear regression - Rosenblatt's Perceptron - unconstraint and constraint optimization - Support Vector Machines (SVM) - kernel methods - Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs) - Independent Component Analysis (ICA) - Model Assessment - AdaBoost 		
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand the structure of machine learning systems for simple patterns - explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques - apply classification techniques in order to solve given classification tasks - evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem - understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python 		
7	Prerequisites	<p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 		
8	Integration into curriculum	1st semester		
9	Module compatibility	<p>Mandatory elective module in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • B. Sc./M. Sc. Data Sciences (AI) • B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Machine learning and Artificial Intelligence) • B.Sc./M. Sc. Informatik 		
10	Method of examination	Oral exam (30 min.)		
11	Grading Procedure	100% based on oral exam		
12	Module frequency	Winter semester (anually)		

13	Workload	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits
14	Module duration	One semester
15	Teaching and examination language	English
16	Recommended reading	<ul style="list-style-type: none"> - Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&Sons, New York, 2001 - Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009 - Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006

1	Module name	Module SaM1: Simulation and Modeling 1	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lectures: 2 semester hrs/week b) Practical: 2 semester hrs/week	
3	Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German reinhard.german@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Reinhard German reinhard.german@fau.de	
5	Content	<ul style="list-style-type: none"> - Overview of the various kinds of simulation - discrete simulation (computational concepts, simulation of queuing systems, simulation in Java, professional simulation tools) - required probability concepts and statistics, modeling paradigms (e.g., event/process oriented, queuing systems, Petri nets, UML statecharts) - input modeling (selecting input probability distributions) - random number generation (linear congruential generators and variants, generating random variates) - output analysis (warm-up period detection, independent replications, result presentation) - continuous and hybrid simulation (differential equations, numerical solution, hybrid statecharts) - simulation software, case studies, parallel and distributed simulation. 	
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> - gain knowledge about methods and realization possibilities of discrete simulation with an outlook on other types of simulation - gain knowledge of statistical aspects of simulation that are important for practice - apply statistical methods for analysis and evaluation of input and output data - gain hands-on experience with commercial simulation tools - gain experience in simulation in various fields of application (including computer networks, manufacturing systems, material flow systems) - independently develop simulation models on the basis of sample tasks using different modeling paradigms - can work in groups cooperatively and responsibly 	
7	Prerequisites	<p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> - basic programming knowledge, ideally in Java - Mathematical knowledge in calculus 	
8	Integration into curriculum	1st semester	
9	Module compatibility	<p>Mandatory elective module in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Simulation and Numerics) - B.Sc. Informatik 	
10	Method of examination	Written exam (90 min.) or oral exam (30 min.) (ungraded)	
11	Grading Procedure	100% based on written / oral exam	
12	Module frequency	Winter semester (anually)	
13	Workload	Contact hours: 60 h Independent study: 90 h Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits	
14	Module duration	One Semester	

15	Teaching and examination language	Englisch
16	Recommended reading	<p>Averill Law: Simulation, Modeling and Analysis, 5th Edition, McGraw-Hill, 2014.</p> <p>J. Banks, J. Carson, B. Nelson, D. Nicol: Discrete-Event System Simulation, 5th Edition, Prentice Hall, 2009.</p> <p>J. Banks: Getting started with AutoMod, 2nd Edition, Autosimulations Inc., 2000.</p>

1	Module name	Module SaSC1: Simulation and Scientific Computing 1	ECTS 7,5
2	Courses/lectures	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	Lecturers	Prof. Dr. Christoph Pflaum christoph.pflaum@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Christoph Pflaum christoph.pflaum@fau.de	
5	Content	- performance Optimization of numerical algorithms. - parallelization by OpenMP - spatial finite difference discretization - practical estimation of the discretization error and the convergence rate of numerical methods - software development in scientific computing - parallelization by MPI - finite difference discretization in time	
6	Learning objectives and skills	Students learn - techniques for optimizing algorithms in the field of scientific computing - to implement and optimize algorithms on parallel computers - to analyze the stability of numerical algorithms	
	Prerequisites	Recommendation: - a modul in the area of numerical mathematics	
8	Integration into curriculum	1. Semester	
9	Module compatibility	Wahlpflichtmodul in: - B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Simulation and Numerics) - M. Sc. Informatik Pflichtmodul: - Bachelor Computational Engineering	
10	Method of examination	Klausur (90 min.) und unbenotete Übungsleistung	
11	Grading Procedure	Klausur 100%	
12	Module frequency	1 x jährlich jeweils im WiSe	
13	Workload	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Module duration	1 Semester	
15	Teaching and examination language	Deutsch oder Englisch (nach Wahl der Studierenden)	

16	Recommended reading <ul style="list-style-type: none"> - Lehrbuch: G. Hager und G. Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press, 2010. - Lehrbuch: Goedecker und Adolfy 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	Module name	Module TrPh: Transport Phenomena	ECTS 5	
2	Courses/lectures	a) Lectures: 2 semester hrs/week b) Exercises: 0.5 semester hrs/week	MApA/NASi/Opti	
3	Lecturers	Prof. Dr. Enrique Zuazua enrique.zuazua@fau.de Nicola De Nitti nicola.de.nitti@fau.de		
4	Module coordinator	Prof. Dr. G. Grün gruen@math.fau.de		
5	Content	<p>Ordinary Differential Equations</p> <ol style="list-style-type: none"> Generalities on first order differential equations and preliminary material. Equivalence of differential equation of order n to vector equation of the first order. Linear equations of the first order. Equations with separable variables. Exact differential equations. The uniqueness problem: an example. Some integral inequalities: Gronwall's lemma and Bihari's lemma. Generalities on Banach spaces. Banach fixed point theorem. Existence and uniqueness theorems for ODEs within the Cauchy-Lipschitz framework. Local existence and uniqueness theorem for the Cauchy problem: proof of the result via the method of successive approximations and via Banach fixed point theorem. Ascoli-Arzela theorem. Peano existence theorem: proof via the polygonal method and via Schauder point fixed theorem. Other uniqueness theorems. Some global problems for ordinary differential equations: global uniqueness, global existence and the behavior of saturated solutions. Dependence of solutions on initial values. Differential inequalities and the comparison method. A criterion of global existence. Stability theorems for ODEs: Lyapunov's theorems. Rough vector fields and DiPerna-Lions' theory. Ambrosio's theory of regular Lagrangian flows; DiPerna-Lions' notion of flow; vector fields with Sobolev spatial regularity; vector fields with BV spatial regularity; quantitative ODE estimates for Sobolev vector fields. <p>Transport Equations</p> <ol style="list-style-type: none"> Method of characteristics and well-posedness. Well-posedness of transport equation and continuity equation within the Cauchy-Lipschitz framework. Boundary conditions. Controllability. Vanishing viscosity approximation. Upwind numerical schemes. Fourier analysis and numerical approximations of transport equations. An example in homogenization. Transport equations driven by rough velocity fields. Connection between PDE and ODEs (with reference to point 3 above); superposition principle; renormalized solutions and well-posedness of the PDE. 		

6	Learning objectives and skills	Students are able to: <ul style="list-style-type: none"> • use language and techniques of ordinary differential equations (with smooth or irregular vector fields), especially regarding local and global existence, uniqueness theorems, regularity and stability of the solutions; • use language and techniques related to transport equations with smooth and irregular velocity fields; • work out the examples and applications that accompany the theory.
7	Prerequisites	Recommended: knowledge of linear algebra and calculus; basic knowledge of functional analysis.
8	Integration into curriculum	1 st semester
9	Module compatibility	M.Sc. Computational Applied Mathematics M. Sc. Data Science ("Simulation and Numerics") The course is open also to Ph.D. candidates in the Mathematics and Data Science Departments
10	Method of examination	Oral examination (20 minutes)
11	Grading Procedure	100% based on oral examination
12	Module frequency	Winter semester
13	Workload	Contact hours: 35 hrs Independent study: 115 hrs Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits
14	Module duration	One semester
15	Teaching and examination language	English

16	Recommended reading	<p>Parts 1 & 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ahmad, S. & Ambrosetti, A. <i>A Textbook on Ordinary Differential Equations</i>. Springer, 2015. • Corduneau, C. <i>Principles of Differential and Integral Equations</i>. Allyn and Bacon Inc., 1971. <p>Part 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evans, L. C. <i>Partial Differential Equations</i>. AMS, 2010. • Coron, J. M. <i>Control and Nonlinearity</i>. AMS, 2007. • Mishra, S., Fjordholm, U. S. & Abgrall, R. <i>Numerical methods for conservation laws and related equations</i>, 2019. • Quarteroni, A. & Valli, A. <i>Numerical Approximation of Partial Differential Equations</i>. Springer, 2014. • Vichnevetsky, R. & Bowles, J. B. <i>Fourier Analysis of Numerical Approximations of Hyperbolic Equations</i>. SIAM, 1982. • Tartar, L. (1989). Nonlocal Effects Induced by Homogenization. In: Colombini F., Marino A., Modica L., Spagnolo S. (eds) <i>Partial Differential Equations and the Calculus of Variations. Progress in Nonlinear Differential Equations and Their Applications</i>, vol 1. Birkhäuser, Boston, MA. Parts 3 & 5: • Ambrosio, L., & Crippa, G. (2014). Continuity equations and ODE flows with non-smooth velocity. <i>Proceedings of the Royal Society of Edinburgh: Section A Mathematics</i>, 144(6), 1191-1244. <p>Lecture notes will be distributed via StudOn.</p>
----	----------------------------	---

Deutsche Module

1	Modulbezeichnung	Module eBTuEI: eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme (englische Bezeichnung: eBusiness Technologies and Evolutionary Information Systems)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	a) Vorlesung eBusiness Technologies: 2 SWS b) Vorlesung Evolutionäre Informationssysteme: 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Richard Lenz richard.lenz@fau.de Dr. Christoph P. Neumann cpnatwork@googlemail.com Dr. Florian Irmert florian.irmert@fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Richard Lenz richard.lenz@fau.de	
5	Inhalt E-Business Technologies: Überblick und Einblick in die wichtigsten Themen des Bereichs eBusiness: Von den Anwendungen bis zu den Implementierungen <ul style="list-style-type: none"> - 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.: <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen rechnergestützter Informationssysteme und organisatorisches Lernen - Erfolgsfaktoren für Projekte - Software Wartung vs. Software Evolution - Architekturmodelle - Grundprinzipien evolutionärer Systeme Datenqualität in Informationssystemen		

6	<p>Lernziele und Kompetenzen</p>	<p>EBT: Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 selbstständig. - 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 Lehrende Ihre eigene Lösungskompetenz. <p>EIS: Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - definieren die Begriffe "Informationssysteme", "evolutionäre Informationssyste" 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
---	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> - 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 Architekturenkonzepte - 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 <p>benennen die in der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Verbesserung der Datenqualität</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Dringend empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programmieren in Java, Datenbanken (SQL) <p>Empfohlen:</p> <p>Konzeptionelle Modellierung</p>
8	Einpassung in Musterstudienplan	Ab 1. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlpflichtmodul in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Datenbanken und Wissenrepräsentation) • B.Sc./M. Sc. Informatik
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (30 min.)
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung 100%
12	Turnus des Angebots	1 x jährlich jeweils im WiSe
13	Arbeitsaufwand	<p>Präsenzzeit: 60 h</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>E-Business Technologies:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <ul style="list-style-type: none"> • Craig Walls, Ryan Breidenbach: Spring in Action. 2. Aufl. Manning Publications, 2007

1	Modulbezeichnung	Modul KvDS: Kolloquiumsvorlesung Digitale Souveränität (englische Bezeichnung: Digital Sovereignty)	ECTS 5	
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung (2 SWS) Übung (2 SWS) (Anwesenheitspflicht bei den Vorträgen)		
3	Lehrende	Prof. Dr. Johannes Helbig, Prof. Dr. Georg Glasze johannes.helbig@fau.de , georg.glasze@fau.de		
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Johannes Helbig johannes.helbig@fau.de		
5	Inhalt	<p>Die Digitalisierung verändert unsere Welt, disruptiv, umfassend und unumkehrbar: Sie ändert die strukturellen Voraussetzungen für unsere Wirtschaft, unsere Gesellschaft und unser Verständnis von uns selbst. Digitale Souveränität adressiert die Frage, wie wir diesem Umbruch Gestaltung und Führung geben können, nach eigenem Willen und eigenen Wertvorstellungen. Das betrifft insbesondere die Freiheitlichkeit, die soziale Gerechtigkeit und die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Gesellschafts- und Wirtschaftsordnungen der Zukunft.</p> <p>Viele Disziplinen müssen dazu beitragen, keine kann diese Aufgabe <i>innerhalb</i> des eigenen Horizonts lösen. Die Veranstaltung ist entsprechend in hohem Maße multidisziplinär. Sie richtet sich an fortgeschrittene Studierende aus mathematisch-naturwissenschaftlichen und technischen Studiengängen, aus Wirtschafts-, Sozial- und Rechtswissenschaften sowie aus Philosophie und Ethik. Die Veranstaltung ist als Ringvorlesung mit internen und externen Gästen konzipiert. Auf einen Kolloquiumsvortrag folgt jeweils ein diskursiver Abschnitt in Breakout-Gruppen.</p> <p>Themenschwerpunkte umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zukunft der Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit • Innere und äußere Sicherheit • Meinungsbildung und öffentlicher Raum • Konstruktive Anpassung des Rechtssystems • Zukunft der Arbeit und partizipative Nutzenverteilung • Strukturvoraussetzungen demokratischer politischer Prozesse und Systeme • Leistungsfähige Bildung • Trustworthy Artificial Intelligence • Souveräne digitale Infrastrukturen • Neue Narrative für die Basis gesellschaftlicher Solidarität • Menschenbild, Weltbild und ethische Reflektion <p>Die Veranstaltung wird ergänzt durch vertiefende Seminare zu ausgewählten Einzelthemen; diese können auch eigenständig belegt werden.</p>		
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die disruptiven Auswirkungen der Digitalisierung in unterschiedlichen Domänen • verstehen zugrundeliegende Veränderungen der strukturellen Voraussetzungen und ihre Wirkzusammenhänge und erkennen wiederkehrende Muster • können Handlungsfelder einschätzen und exemplarisch Maßnahmenansätze entwickeln und beurteilen • kennen Denkansätze, Begriffsbildungen und Paradigmen benachbarter Disziplinen und können sie im Dialog miteinander in Beziehung setzen • können eigenständig und im Team ein Teilthema eigenständig und vertiefend erschließen und Gestaltungsansätze entwickeln 		

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Bachelor-Abschluss
8	Einpassung in Musterstudienpl	ab 1. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlpflichtmodul</p> <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. Data Science (Schlüsselqualifikation) • M.Sc. Data Science (Anwendungsfach Geographie)
10	Studien- und Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> • schriftliche Abschlussarbeit (maximal 10 Seiten) • aktive Teilnahme an den Übungen
11	Berechnung Modulnote	<ul style="list-style-type: none"> • 65 % schriftliche Abschlussarbeit • 35 % Beteiligung in den Diskussionen
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand	<p>Workload 150 Std davon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Präsenzzeit 40 Std • Eigenstudium 110 Std (davon Abschlussarbeit 80 Std)
14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch, bei Bedarf auch englisch
16	Literaturhinweise	wird vom Lehrenden in der Vorlesung bekannt gegeben

1	Modulbezeichnung	Module Middleware Cloud Computing	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung (2 SWS) Übung (2 SWS)	
3	Lehrende	PD Dr. Tobias Distler distler@cs.fau.de	
4	Modulverantwortung	PD Dr. Tobias Distler distler@cs.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick Cloud Computing • Grundlagen verteilter Programmierung (Web Services/SOAP/REST) • Virtualisierung als Basis für Cloud Computing • Infrastructure as a Service (IaaS) am Beispiel von Eucalyptus und Amazon EC2 • Skalierbare Verarbeitung von großen Datenmengen • Interoperabilität und Multi-Cloud Computing • Fehlertoleranz und Sicherheit im Kontext von Cloud Computing • Aktuelle Forschungstrends 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen unterschiedliche Ausprägungen von Cloud-Computing. • erläutern verschiedene Cloud-Architekturen. • stellen Vor- und Nachteile von Cloud-Computing gegenüber. • unterscheiden die Herangehensweisen bei der Entwicklung von SOAP- im Vergleich zu REST-Anwendungen. • organisieren den Austausch von Informationen in einer verteilten Anwendung unter Verwendung eines Verzeichnisdienstes. • entwickeln eigene auf Web-Services basierende Anwendungen. • erläutern die Anforderungen an ein virtualisiertes System. • beschreiben die für die Virtualisierung eines Systems erforderlichen Kriterien. • vergleichen zwischen unterschiedlichen Virtualisierungstechniken und -ebenen. • schildern den Aufbau und die Funktionsweise von Xen und Linux-VServer. • erproben das Einrichten eines Abbilds für eine virtuelle Maschine. • skizzieren die Architektur einer Infrastruktur-Cloud sowie die Aufgabenbereiche hierfür zentraler Komponenten am Beispiel von Eucalyptus. • erproben das Bereitstellen von Anwendungen in einer Infrastruktur-Cloud. • zeigen die Grundlagen Software-definierter Netzwerke am Beispiel von Onix und B4 auf. • bewerten verschiedene im Bereich Cloud-Computing zum Einsatz kommende Datenspeichersysteme (Google File System, Bigtable, Windows Azure Storage, Amazon Dynamo) hinsichtlich der Kriterien Verfügbarkeit, Konsistenz und Partitionstoleranz. • erläutern eine auf Vektoruhren basierende Methode zur Auflösung im Zusammenhang mit letztendlicher Konsistenz auftretender Konflikte. • entwickeln ein verteiltes Dateisystem nach dem Vorbild von HDFS, das auf die Speicherung großer Datenmengen ausgelegt ist. • erkunden das Bereitstellen selbst entwickelter Dienste mittels Docker. • erstellen ein Framework zur parallelen Bearbeitung von Daten nach dem Vorbild von MapReduce. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • konzipieren eigene MapReduce-Anwendungen zur Verarbeitung strukturierter Rohdaten. • diskutieren die Fehlertoleranzmechanismen in Google MapReduce. • schildern die grundsätzliche Funktionsweise von Systemen zur Kühlung von Datenzentren mittels Umgebungsluft. • beschreiben das Grundkonzept einer temperaturabhängigen Lastverteilung von Prozessen in einem Datenzentrum. • stellen diverse Ansätze zur Erhöhung der Energieeffizienz von MapReduce-Clustern gegenüber. • unterscheiden die Architekturen und Funktionsweisen der Koordinierungsdienste Chubby und ZooKeeper. • entwickeln einen eigenen Koordinierungsdienst nach dem Vorbild von ZooKeeper. • ermitteln die Konsistenz-eigenschaften der eigenen Koordinierungsdienstimplementierung. • erläutern unterschiedliche Ansätze zur Reduzierung bzw. Tolerierung von Tail-Latenz. • skizzieren das Grundkonzept von Erasure-Codes. • beschreiben den Aufbau eines auf die Clouds mehrerer Anbieter gestützten Datenspeichersystems. • erläutern den Einsatz passiver Replikation zur Bereitstellung von Fehlertoleranzmechanismen für virtuelle Maschinen am Beispiel von Remus. • schildern die Grundlagen der Migration von virtuellen Maschinen. • bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur. • erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. • können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	
8	Einpassung in Musterstudienplan	M. Sc. DataScience ab 1. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	<ul style="list-style-type: none"> • B. Sc. Mathematik • M. Sc. Data Science • weitere Informatik Studiengänge
10	Studien- und Prüfungsleistung	Übungsblätter (unbenotet) Mündliche Prüfung (benotet)
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand	Präsenzzeit (60 Std) Eigenstudium (90 Std)
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Mache Creeger. Cloud computing: An overview. Queue Distributed Computing, 7(5), 2009. • Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Konwinski, Gunho Lee, David Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, and Matei Zaharia. A view of cloud computing. Communications of the ACM, 53(4):5058, 2010. • weitere Literaturangaben auf der Vorlesungs-Webseite

1	Modulbezeichnung	Modul PDG I: Partielle Differentialgleichungen I (englische Bezeichnung: Partial Differential Equations I)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	a) Vorlesung: 4 SWS b) Übung: 2 SWS	
3	Lehrende	Prof. Dr. Hannes Meinlschmidt hannes.meinlschmidt@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Günther Grün gruen@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung • Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) • Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen. Sie verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und „schwache“ Zugänge zu Existenzresultaten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums	
8	Einpassung in Musterstudienplan	Semester 5 oder 6	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlpflichtmodul in</p> <ul style="list-style-type: none"> • B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) • B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung) • B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Datenbanken und Wissenrepräsentation) • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“, „Modellierung, Simulation und Optimierung“) • M.Sc. Technomathematik (Studienrichtung „Modellierung und Simulation“) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	<p>Workload 300 h</p> <p>davon</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h • Übung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 210 h 	

14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • Vorlesungsskriptum

