

Module Handbook
International Master
"Scientific Computing"

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Fakultät für Mathematik und Informatik

Version as of 11.11.2020 corresponding to examination regulations of 22.04.2013

form of study: full time

type of study: consecutive

regular period of study: 4 semesters

number of credit points to gain in this study: 120

date of begin: 11.03.2009

location of study: Heidelberg

number of places: no limitation

fee: according to general regulations of Heidelberg University

Preamble

Qualification Goals in Teaching of Heidelberg University

Following its mission statement and its charter Heidelberg University pursues in its degree courses disciplinary, interdisciplinary and professional goals in the comprehensive academic education and for the subsequent professional career of its students. The resulting profile of competence is to be included in the module handbooks of all degree programs and will be implemented in all specific qualification goals as well as the curricula and modules of the individual degree programs:

- Development of disciplinary competence with specific orientation towards research;
- Development of transdisciplinary competence for dialogue;
- Buildup of practical problem solving competence;
- Development of personal and social competence;
- Promotion of the willingness to take on social responsibility on the basis of the acquired competences.

Disciplinary and interdisciplinary goals of qualification of the international master program "Scientific Computing"

The international master program "Scientific Computing" aims at expanding proficiency in mathematics and computer science towards topics relevant in cutting edge research at Heidelberg University. Graduates of the master program are able to apply methods of mathematics and computer science, advance these methods independently as well as implement them efficiently. Using methods and techniques of mathematics and computer science to solve practical applications represents a major part of the qualification. Preparation of a master thesis fosters to a very high degree the ability to conduct independent research, problem analysis and solving as well as the organisation of work.

Some explanations

Justification for modules with less than 5 LP:

There are several modules with less than 5 credits in this program. These modules are self-contained units that can not be meaningfully combined with other modules.

Description of the forms of teaching and learning:

Lecture: Presentation of the curriculum by the teacher through suitable media, interaction and discussion possible.

Exercise: Exercises and smaller parts of the teaching material will be explained. Questions, interaction and discussion by and with the students to understand the curriculum and sample exercises.

Seminar: Independent development of a scientific topic, preparation of a presentation, holding the presentation followed by questions and discussion of the participants. Written elaboration of the content.

Practical: Project work based on a programming task. Independent creation of a software including documentation. Preparation of a project report and a lecture. Lecture on the project and presentation of the software (20-30 minutes).

Contents

1 Courses in Computer Science	6
Advanced Machine Learning	7
Algorithm Engineering	8
Algorithms and Data Structures 2	10
Artificial Intelligence	12
Complex Network Analysis	13
Computer Graphics	15
Computer Vision: 3D Reconstruction	17
Deep Vision	19
Fundamentals of Machine Learning	21
Geometric Modeling and Animation	22
Knowledge Discovery in Databases	24
Machine Learning	26
Mining Massive Datasets	28
Object-Oriented Programming for Scientific Computing	30
Object Recognition and Image Understanding	31
Optimization for Machine Learning	33
Scientific Visualization	35
Text Analytics	37
Modules from the MSc Technische Informatik	39
2 Other Courses in Computer Science	40
Algorithmische Geometrie	41
Computational Geometry	42
Computerspiele	43
Praktische Geometrie	44
Randomisierte Algorithmen	46
3 Courses in Mathematics	48
Grundmodul Angewandte Analysis und Modellierung	49
Grundmodul Numerik und Optimierung	51
Grundmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	54
Aufbaumodul Angewandte Analysis und Modellierung	56
Aufbaumodul Numerik und Optimierung	58
Aufbaumodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	61
Spezialisierungsmodul Angewandte Analysis und Modellierung	64
Spezialisierungsmodul Numerik und Optimierung	66
Spezialisierungsmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	68

4	General Modules	70
	Seminar	71
	Advanced Software Practical	72
	Field of Application	73
	Master Thesis	74
5	Key Competence Program	75
	Einführung in das Textsatzsystem LaTeX	76

1 Courses in Computer Science

In this chapter all module descriptions for the the modules in computer science are listed. At the end there is a list of modules from the MSc Technische Informatik which are also allowed to choose as modules in computer science.

The description of the modules is the same language as the course language. Some exceptions might be possible.

Advanced Machine Learning

Code IAML	Name Advanced Machine Learning	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus follows *Fundamentals of Machine Learning*
Lehrform 4 SWS lecture (in English), 2 SWS tutorial, homework assignments	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials 90h lecture wrap-up and homework 60h graded final report	Verwendbarkeit cannot be combined with *Machine Learning* B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing,
Lernziele	Students get to know advanced machine learning methods that define the state-of-the-art and major research directions in the field. Students understand when these methods are called for, what limitations of standard solutions they address, and how they are applied to real-world problems. In addition, students learn how to use Python-based machine learning software such as scikit-learn, theano and OpenGM.	
Inhalt	The lecture, along with its sibling *Fundamentals of Machine Learning*, offers an extended version of the one-semester course *Machine Learning*: Multi-layered architectures (neural networks, deep learning); directed and undirected probabilistic graphical models (Gaussian processes, latent variable models, Markov random fields, structured learning); feature optimization (feature selection and learning, dictionary learning, kernel approximation, randomization); weak supervision (one-class learning, multiple instance learning, active learning, reinforcement learning)	
Voraussetzungen	recommended are: lecture *Fundamentals of Machine Learning* or similar	
Pruefungsmodalitaeten	cannot be combined with *Machine Learning*, written exam (report on a 60h mini-research project)	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	David Barber: Bayesian Reasoning and Machine Learning, Cambridge University Press, 2012 Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006	

Algorithm Engineering

Code IAE	Name Algorithm Engineering	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every summer semester
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials, 15h exam preparations, 135h lecture wrap-up and homework	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Students obtain a systematic understanding of algorithmic questions and solution approaches in the area of algorithm engineering.</p> <p>The students will be able to transfer the learned techniques onto similar problems and be able to interpret and understand current research topics in the area of algorithm engineering.</p> <p>Given a real-world problem, students are able to select appropriate algorithms to come up with and implement efficient solutions.</p> <p>In particular, students know realistic machine models and applications, algorithm design, implementation techniques, experimental methodology and can interpret of measurements.</p>	
Inhalt	<p>The listed abilities will be learned by concrete examples. In particular, we will almost always cover the best practical and theoretical methods. This methods often deviate a lot by the algorithms learned in the basic courses. To this end the lecture covers FPT/Kernelization in practice (independent set, vertex cover, (all) minimum cuts (NOI algorithm), clique cover, node ordering), multi-level algorithms (graph partitioning, modularity clustering, dynamic clustering, process mapping, spectral techniques, exact approaches), route planning (contraction hierarchies, arc-flags, hub-label algorithm), dynamic graph algorithms (single-source reachability, transitive closure, matching, minimum cuts, graph generation).</p>	
Voraussetzungen	<p>recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD), Mathematik für Informatiker 1 oder Lineare Algebra 1 (MA4), Algorithms and Data Structures 2</p>	
Pruefungs- modalitaeten	<p>Successful participation in the exercises (at least 50% of total achievable points) and passing an oral exam</p>	

Vergabe der LP	pass the exam
Nuetzliche Literatur	<p>Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein: Introduction to Algorithms, 3rd Edition. MIT Press 2009, ISBN 978-0-262-03384-8, pp. I-XIX, 1-1292</p> <p>Jon M. Kleinberg, Éva Tardos: Algorithm design. Addison-Wesley 2006, ISBN 978-0-321-37291-8, pp. I-XXIII, 1-838</p> <p>Stefan Näher: LEDA, a Platform for Combinatorial and Geometric Computing. Handbook of Data Structures and Applications 2004</p>

Algorithms and Data Structures 2

Code IADS2	Name Algorithms and Data Structures 2	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every winter semester
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials, 15h exam preparations, 135h lecture wrap-up and homework	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Students:</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand fundamental theoretical and practical concepts of advanced algorithms and data structures, - get to know established methods and algorithms, - are familiar with issues of efficient implementations, - are able to identify/formulate algorithmic problems in/for different application areas, - are able to analyse new algorithms as well as analysing their running time, and select appropriate algorithms for applications - are able to apply algorithms and data structures to real-world problems, and can objectively assess the quality of the results 	
Inhalt	<p>Introduction to Algorithm Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> - advanced data structures (efficient addressable priority queues, monotone priority queues, external priority queues), - advances graph algorithms (strongly connected components, shortest paths, maximum flows / min s-t cuts, min-cost flows), techniques to solve problems to optimality (branch-and-bound, branch-and-reduce, dynamic programming, integer linear programming as a modelling tool), - introduction to randomized algorithms, greedy algorithms, approximation algorithms, advanced string algorithms, geometric algorithms, external memory algorithms 	
Voraussetzungen	recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD), Mathematik für Informatiker 1 (IMI1) oder Lineare Algebra 1 (MA4)	
Prüfungsmodalitäten	Successful participation in the exercises (at least 50% of total achievable points) and passing a written exam	
Vergabe der LP	pass the exam	

Nuetzliche Literatur	<p>Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein: Introduction to Algorithms, 3rd Edition. MIT Press 2009, ISBN 978-0-262-03384-8, pp. I-XIX, 1-1292</p> <p>Kurt Mehlhorn, Peter Sanders: Algorithms and Data Structures: The Basic Toolbox. Springer 2008, ISBN 978-3-540-77977-3</p> <p>Jon M. Kleinberg, Éva Tardos: Algorithm design. Addison-Wesley 2006, ISBN 978-0-321-37291-8, pp. I-XXIII, 1-838</p> <p>Stefan Näher: LEDA, a Platform for Combinatorial and Geometric Computing. Handbook of Data Structures and Applications 2004</p>
---------------------------------	---

Artificial Intelligence

Code IAI	Name Artificial Intelligence	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus irregular
Lehrform 2 SWS lecture, 2 SWS tutorial	Arbeitsaufwand 180 h; thereof 60h lectures and tutorials 50h graded final report of mini project 70h lecture wrap-up, programming exercises and homework	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>To be able to develop algorithms for solving problems by informed/uninformed search.</p> <p>To know how to apply logical inference for finding solutions.</p> <p>To have a firm command of applying inference under uncertainty.</p> <p>To have gained a solid understanding of learning agents based on deep learning and neural networks.</p> <p>To know how to apply the developed expertise to different application areas such as Computer Vision or text mining.</p>	
Inhalt	<p>Solving problems by search</p> <p>Game playing</p> <p>Inference using logic</p> <p>Knowledge bases</p> <p>Planning and acting</p> <p>Reasoning under uncertainty</p> <p>Deep Learning and Neural Networks</p> <p>Machine Learning Applications</p>	
Voraussetzungen	recommended are: basic programming skills and knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra	
Pruefungsmodalitaeten	exam (written report on mini research project)	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	Russell & Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach	

Complex Network Analysis

Code ICNA	Name Complex Network Analysis	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 2nd wintersemester
Lehrform Lecture 4 SWS, Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h lecture 12 h preparation for exam 130 h self-study and working on assignments/projects (optionally in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing B.Sc. Mathematik
Lernziele	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> - can describe basic measures and characteristics of complex networks - can implement and apply basic network analysis algorithms using programming environments such as R or Python - can describe different network models and can describe, compute, and analyze characteristic parameters of these models - know how to compute different complex network measures and how to interpret these measures - know different generative models for constructing complex networks, especially scale-free networks - know the fundamental methods for the detection of communities in networks and the analysis of their evolution over time - are familiar with basic concepts of network robustness - understand the principles behind the spread of phenomena in complex networks 	

Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Graph theory and graph algorithms; basic network measures - Random networks and their characteristics (degree distribution, component sizes, clustering coefficient, network evolution), small world phenomena - Scale-free property of networks, power-laws, hubs, universality - Barabasi-Albert model, growth and preferential attachment, degree dynamics, diameter and clustering coefficient - Evolving networks, Bianconi-Barabasi model, fitness, Bose-Einstein condensation - Degree correlation, assortativity, degree correlations, structural cutoffs - Network robustness, percolation theory, attack tolerance, cascading failures - Communities, modularity, community detection and evolution - Spreading phenomena, epidemic modeling, contact networks, immunization, epidemic prediction
Voraussetzungen	recommended are: Algorithmen und Datenstrukturen (IAD), Knowledge Discovery in Databases (IKDD), Lineare Algebra I (MA4)
Pruefungsmodalitaeten	final written exam
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - Albert-Laszlo Barabasi: Network Science, Cambridge University Press, 2016. - M.E.J. Newmann: Networks: An Introduction, Oxford University Press, 2010. - Vito Latora, Vincenzo Nicosia, Giovanni Russo: Complex Networks - Principles, Methods and Applications, Cambridge University Press, 2017. - David Easley, Jon Kleinberg: Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World, Cambridge University Press, 2010. - Stanley Wasserman, Katherine Faust: Social Network Analysis-Methods and Applications, Cambridge University Press, 1994.

Computer Graphics

Code ICG	Name Computer Graphics	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 3rd semester
Lehrform lecture 4 SWS, exercise 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h on-campus program 15 h exam preparation 135 h independent study and exercises (possibly in groups)	Verwendbarkeit cannot be combined with Computergraphik 1 and 2 (ICG1, ICG2) B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	The students understand fundamental and advanced concepts of computer graphics. They understand the mathematical fundamentals, data structures, and implementation aspects. They get to know raster graphics, geometric transforms, color perception and color models, and basics of geometric modeling. The students are able to apply these concepts to real-world problems using existing software packages, and develop small programs using OpenGL 4.	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction - Perception and Color - Raytracing - Transformations - Rasterization - OpenGL - Textures - Curves - Spatial Data Structures 	
Voraussetzungen	recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Pruefungs- modalitaeten	cannot be combined with Computergraphik 1 and 2 (ICG1, ICG2), an oral or written exam	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	P. Shirley, S. Marschner: Fundamentals of Computer Graphics, 3rd Edition, AK Peters OpenGL Specifications(GL 4.5 + GLSL 4.50) http://www.opengl.org/registry/ Optional A. S. Glassner: An Introduction to Ray Tracing, Academic Press T. Akenine-Möller, E. Haines: Real-Time Rendering, AK Peters, 2008
---------------------------------	---

Computer Vision: 3D Reconstruction

Code ICV3DR	Name Computer Vision: 3D Reconstruction	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus every winter semester
Lehrform Lecture 2 SWS, Exercise 2 SWS	Arbeitsaufwand 180 h; thereof 30 h lectures 30 h exercises 20 h revision and home exercise 70 h programming a mini research project 30 h preparation of final report	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> - Understand the principles behind estimating 3D Point Clouds and Motion from two or more images. They are able to apply this knowledge to new tasks in the field of 3D reconstruction. - Understanding the principles of an image processing, the image formation process and corresponding Geometry. This can be utilized to design new algorithms, for e.g. 3D motion estimation for autonomous driving. - Understand and implement methods that combine machine learning-based methods with classical computer vision-based techniques. - Have studied various state-of-the-art computer vision systems and approaches, and are then able to evaluate and classify new systems and approaches. - Understand and implement different approaches for object tracking and object-instance recognition. 	
Inhalt	<p>This lecture covers areas of computer vision which deal with 3D reconstruction and scene understanding. This means, for instance, to recover a 3D scene from a set of photographs or video, or to extract and track objects in the scene. We discuss the underlying principles and methods to solve such tasks. In particular, we cover techniques from deep learning, traditional approaches, and mixtures of the two. We also introduce the necessary background knowledge, e.g. camera models, deep learning, image formation model, Kalman Filters, etc.</p>	
Voraussetzungen	<p>recommended is a basic machine learning background (e.g. Fundamentals of Machine Learning, Advanced Machine Learning or equivalent)</p>	

Pruefungs- modalitaeten	graded final report (about 10 pages) or final report (about 5 pages) together with oral exam
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	

Deep Vision

Code IDV	Name Deep Vision	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus irregular
Lehrform lecture 2 SWS, tutorial 2 SWS	Arbeitsaufwand 180h; thereof 60h lectures and tutorials 70h lecture wrap-up, programming excercises, and homework 50h preparation for project work, examination	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>To have reached an understanding of the foundations underlying deep learning</p> <p>To be able to practically apply deep learning algorithms to new problems in Computer Vision</p> <p>To have a firm command of the algorithmic basics and to be able to analyze and solve new problems in novel application areas</p> <p>To be capable of understanding and analyzing the latest publications in deep learning and Computer Vision and to evaluate their strengths and weaknesses.</p> <p>To have reached understanding of state-of-the-art deep learning algorithms for Computer Vision with the ability to relate and contrast different concepts.</p>	
Inhalt	<p>Methods in Computer Vision based on Deep Learning, esp.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ? deep learning in Computer Vision and convolutional neural networks ? generative/discriminative methods ? supervised/unsupervised methods, reinforcement learning ? video analysis ? Object and action recognition ? local and global feature extraction ? hierarchical object representations ? novel applications 	
Voraussetzungen	recommended are: solid programming skills and knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra	
Pruefungsmodalitaeten	project work with final report or oral/written examination	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	Will be presented in class
---------------------------------	----------------------------

Fundamentals of Machine Learning

Code IFML	Name Fundamentals of Machine Learning	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus in (irregular) alternation with *Machine Learning*
Lehrform 4 SWS lecture (in English), 2 SWS tutorial, homework assignments	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials 90h lecture wrap-up and homework 60h graded final report	Verwendbarkeit cannot be combined with *Machine Learning* B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Students understand fundamental concepts of machine learning (features vs. response, unsupervised vs. supervised training, regression vs. classification etc.), get to know established learning methods and algorithms, are able to apply them to real-world problems, and can objectively assess the quality of the results. In addition, students learn how to use Python-based machine learning software such as scikit-learn.	
Inhalt	The lecture, along with its sibling *Advanced Machine Learning*, offers an extended version of the one-semester course *Machine Learning*, with more room for regression methods, unsupervised learning and algorithmic details: Classification (nearest neighbor rules, linear and quadratic discriminant analysis, logistic regression, classical and randomized decision trees, support vector machines, ensemble methods); regression (linear and non-linear least squares, regularized and sparse regression, robust regression); unsupervised learning (hierarchical clustering, k-means algorithm, Gaussian mixture models and expectation maximization, principal component analysis, non-linear dimension reduction); evaluation (risk minimization, model selection, cross-validation)	
Voraussetzungen	recommended are: solid knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra	
Pruefungsmodalitaeten	cannot be combined with *Machine Learning*, written exam (report on a 60h mini-research project)	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning (2nd edition), Springer, 2009	

Geometric Modeling and Animation

Code IGMA	Name Geometric Modeling and Animation	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 3rd semester
Lehrform Lecture 4 SWS, Exercise 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h on-campus program 15 h exam preparation 135 h independent study and exercises (possibly in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>The students</p> <p>know the mathematical foundations of geometric modeling</p> <p>know the mathematical and physical foundations of computer animation</p> <p>know the algorithms and implementation aspects</p> <p>are familiar with the basics of animated movies</p> <p>are able to apply existing tools for geometric modeling and animation</p>	
Inhalt	<p>Introduction to curves</p> <p>Interpolating curves</p> <p>Bézier curves</p> <p>B-Splines</p> <p>Rational curves</p> <p>Introduction to surfaces</p> <p>Tensor product surfaces</p> <p>Transfinite surfaces and extrusion</p> <p>Subdivision</p> <p>Subdivision surfaces</p> <p>Animation and simulation</p> <p>Rigid body kinematics</p> <p>Particle systems</p> <p>Mass-spring models</p> <p>Cloth modeling</p> <p>Numerical methods for differential equations</p> <p>Collision detection and handling</p> <p>Fluid simulation and natural phenomena</p>	
Voraussetzungen	recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Prüfungsmodalitäten	a written or oral exam	

Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - Curves and Surfaces for CAGD ? A Practical Guide, G. Farin, Morgan Kaufmann, 2002 - Computer Animation ? Algorithms and Techniques, R. Parent, Morgan Kaufmann, 2002 - 3D Game Engine Design: A Practical Approach to Real-Time Computer Graphics, D. Eberly, Morgan Kaufmann, 2000 - Graphische Datenverarbeitung I, J. Encarnacao, W. Straßer, R. Klein, 4. Auflage, Oldenbourg 1996 - Advanced Animation and Rendering Techniques, A. Watt, M. Watt, Addison-Wesley, 1992 - Grundlagen der geometrischen Datenverarbeitung, J. Hoschek, D. Lasser, Teubner 1992 - Numerical Recipes ? The Art of Scientific Computing, W.H. Press, P. Flannery, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, Cambridge University Press, 1986

Knowledge Discovery in Databases

Code IKDD	Name Knowledge Discovery in Databases	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 2nd winter semester
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h lecture 20 h preparation for exam 130 h self-study and working on assignments/projects (optionally in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand the KDD process and when to apply different KDD tasks - are able to apply suitable data mining techniques to specific data analysis problem - know the foundations of statistics and probability theory underlying diverse data mining techniques - can apply and adopt different data clustering algorithms and models - can apply and adopt different data classification algorithms and models - understand different methods and metrics to evaluate the quality of data mining results - can describe different pattern detection methods to obtain frequent patterns from diverse types of data sets - are familiar with the foundations of models and techniques to extract patterns from graph data - can apply and realize the different algorithms and data mining procedures in software environments such as R or Python 	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - KDD process and tasks - Data, statistics, and probability theory - Clustering models, techniques, and algorithms - Classification models, techniques, and algorithms - Frequent pattern mining approaches - Outlier detection concepts - Graph mining models and methods 	
Voraussetzungen	recommended are: Algorithmen und Datenstrukturen (IAD), Effiziente Algorithmen 1 (IEA1), Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik (MA8)	

Pruefungs- modalitaeten	final written exam
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - Jiawei Han, Micheline Kamber, and Jian Pei: Data Mining. Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2011 (3rd Edition). - Charu Aggarwal: The textbook. Springer, 2015. - Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, and Vipin Kumar: Introduction to Data Mining. Addison Wesley, 2005.

Machine Learning

Code IML	Name Machine Learning	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus in (irregular) alternation with *Fundamentals of Machine Learning* + *Advanced Machine Learning*
Lehrform 4 SWS lecture (in English), 2 SWS tutorial, homework assignments	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials 120h lecture wrap-up and homework 30h preparation for examination	Verwendbarkeit cannot be combined with *Fundamentals of Machine Learning* or *Advanced Machine Learning* B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Students understand a broad range of machine learning concepts, get to know established and advanced learning methods and algorithms, are able to apply them to real-world problems, and can objectively assess the quality of the results. In addition, students learn how to use Python-based machine learning software such as scikit-learn.	
Inhalt	This lecture is a compact version of the two-semester course *Fundamentals of Machine Learning* + *Advanced Machine Learning*: Classification (linear and quadratic discriminant analysis, neural networks, linear and kernelized support vector machines, decision trees and random forests), least squares and regularized regression, Gaussian processes, unsupervised learning (density estimation, cluster analysis, Gaussian mixture models and expectation maximization, principal component analysis, bilinear decompositions), directed probabilistic graphical models, optimization for machine learning, structured learning	
Voraussetzungen	recommended are: solid knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra	
Pruefungs-modalitaeten	cannot be combined with *Fundamentals of Machine Learning* or *Advanced Machine Learning*, successful homework solutions (at least 50% of total achievable points) and oral examination	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning (2nd edition), Springer, 2009; David Barber: Bayesian Reasoning and Machine Learning, Cambridge University Press, 2012
---------------------------------	---

Mining Massive Datasets

Code IMMD	Name Mining Massive Datasets	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus at least every 4th semester
Lehrform Lecture 2 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 180 h; thereof 60 h lecture 15 h preparation for exam 105 h self-study and working on assignments (optionally in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> * Knowledge of selected approaches and programming paradigms of parallel data processing * Knowledge how to use tools for parallel data processing (among others Apache Hadoop and Spark) * Familiarity with application domains of big data analysis * Knowledge of methods of parallel pre-processing of data * Knowledge of methods like classification, regression, clustering and their parallel implementations * Knowledge of scaling of parallel algorithms 	
Inhalt	<p>This module covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> * programming paradigms for parallel-distributed data processing, especially Map-Reduce and Spark programming models * usage of tools like Apache Spark, Hadoop, Pig, Hive, and possibly other frameworks for parallel-distributed data processing * application cases in parallel data analysis, for example clustering, recommendation, search for similar objects, mining of data streams * techniques for parallel pre-processing of data * fundamentals of analysis techniques such as classification, regression, clustering and evaluation of the results * parallel algorithms for data analysis and their implementations * theory and practice of scalability and tuning of frameworks 	
Voraussetzungen	recommended are Knowledge of Java/Python and in elementary probability theory / statistics; module IBD can be taken as a complement / extension.	
Pruefungsmodalitaeten	a written exam	

Vergabe der LP	pass the exam
Nuetzliche Literatur	<ul style="list-style-type: none"> * Jure Leskovec, Anand Rajaraman, Jeffrey D. Ullman, Mining of Massive Datasets, Cambridge University Press, Version 2.1 von 2014 (http://www.mmds.org/) * Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Fried-man, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer, 2009 (http://statweb.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/) * Ron Bekkerman, Misha Bilenko, John Langford, Scaling Up Machine Learning, Cambridge University Press, 2012 * Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei, Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, (third edition), 2012 * Books from O'Reilly Data Science Starter Kit, 2014 (http://shop.oreilly.com/category/get/data-science-kit.do)

Object-Oriented Programming for Scientific Computing

Code IOPSC	Name Object-Oriented Programming for Scientific Computing	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus every summer semester
Lehrform Lecture 2 SWS, Exercise on computer 2 SWS	Arbeitsaufwand 180 h; thereof 60 h lecture 105 h self-study and working on assignments 15 h preparation for exam	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	The students are proficient in the programming language C++, can assess the performance of different programming techniques, know template programming techniques, and can use the Standard Template Library (STL). They can apply their new skills to solve selected problems of Scientific Computing.	
Inhalt	This module deepens the skills in object-oriented programming obtained in the basic lecture Einführung in die Praktische Informatik (IPI) with special emphasis on Scientific Computing: Class concept Dynamic memory allocation Exception handling Resource allocation and initialization Constness Static versus dynamic polymorphism Traits and Policies Standard Template Library Template Metaprogramming Parallel programming techniques	
Voraussetzungen	recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), alternatively basic knowledge of an object-oriented programming language	
Pruefungs- modalitaeten	a written exam at the end of the semester	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur		

Object Recognition and Image Understanding

Code IORIU	Name Object Recognition and Image Understanding	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus at least every 4th semester
Lehrform Lecture 4 h + Exercise course 2 h	Arbeitsaufwand 240h; thereof 90h lectures and tutorials 100h lecture wrap-up and homework 50h preparation for project work, examination	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>To have reached understanding of the state-of-the-art in mid- and high-level Computer Vision and to have the ability to relate and contrast different concepts.</p> <p>To be able to apply essential algorithms from pattern recognition and deep learning to current problems in machine vision.</p> <p>To be capable of understanding and analyzing the latest publications in Computer Vision and to evaluate their strengths and weaknesses.</p> <p>To have a firm command of the algorithmic basics and to be able to analyze and solve object recognition problems in novel application areas.</p> <p>To know the most relevant methods for robust object representation and to judge them based on their applicability and restrictions.</p>	
Inhalt	<p>Methods in mid- and high-level Computer Vision, esp.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - object detection and classification - deep learning in Computer Vision and convolutional neural networks - machine learning approaches for object representation - video analysis - recognition of human actions - local and global feature extraction - model based approaches - view based approaches - generative/discriminative methods - supervised/unsupervised methods - registration - shape analysis - voting and hashing methods - hierarchical object representations 	

Voraussetzungen	recommended are: solid programming skills and knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra
Pruefungs-modalitaeten	project work with final report or oral/written exam
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Will be presented in class

Optimization for Machine Learning

Code IOML	Name Optimization for Machine Learning	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every winter semester
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 60 h lectures 30 h exercises 24 h preparation for exam 126 h self-study and working on assignments/projects (optionally in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> - can analyze optimization methods for machine learning problems and estimate the area of their potential application - can competently apply existing algorithms and program packages for inference and learning with graphical models and neural networks - know typical optimization techniques for inference and learning with graphical models and neural networks - understand the basics of convex analysis, convex optimization, convex duality theory, (integer) linear programs and their geometry 	

Inhalt	<p>The course presents various existing optimization techniques for such important machine learning tasks, as inference and learning for graphical models and neural networks. In particular, it addresses such topics as combinatorial algorithms, integer linear programs, scalable convex and non-convex optimization and convex duality theory. Graphical models and neural networks play a role of working examples along the course. The content of the course includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Convex analysis and optimization: convex sets and functions, polyhedra, (integer) linear programs, basic first-order convex optimization methods and their stochastic variants, LP and Lagrange relaxations - Graphical Models: dynamic programming, sub-gradient and block-coordinate ascent inference methods, min-cut/max-flow based inference, structured risk minimization for graphical models - neural networks: architectures, backpropagation algorithm, stochastic gradient descent and its variants for training neural networks.
Voraussetzungen	recommended are: linear algebra, analysis and any universal programming language (e.g. C/C++/Pascal/python)
Pruefungsmodalitaeten	Oral or written exam (is defined depending the number of students at the beginning of the course).
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Will be given by lecturer at the beginning of the course

Scientific Visualization

Code ISV	Name Scientific Visualization	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 3rd semester
Lehrform Lecture 4 SWS, Exercise 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h on-campus program 15 h exam preparation 135 h independent study and exercises (possibly in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	The students understand fundamental and advanced concepts of scientific visualization. They understand the mathematical fundamentals, data structures, and implementation aspects. They get to know schemes for interpolation and integration, mapping for scalar, vector, and tensor fields, and derived approaches. The students understand approaches for direct and indirect volume rendering, feature extraction, and topology-based analysis. The students are able to apply these concepts to real-world problems using existing software packages, and develop small programs using visualization libraries.	
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction - Visualization Process - Data Sources and Representation - Interpolation and Filtering - Approaches for Visual Mapping - Scalar Field Visualization: Advanced Techniques for Contour Extraction, Classification, Texture-Based Volume Rendering, Volumetric Illumination, Advanced Techniques for Volume Visualization, Pre-Integration, Cell Projection, Feature Extraction - Vector Field Visualization: Vector Calculus, Particle Tracing on Grids, Vector Field Topology, Vortex Visualization, Feature Extraction, Feature Tracking - Tensor Field Visualization: Glyphs, Hue-Balls and Lit-Tensors, Line-Based Visualization, Tensor Field Topology, Feature Extraction 	
Voraussetzungen	strongly recommended is: Computer Graphics (ICG) recommended are: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Prüfungsmodalitäten	an oral or written exam	

Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	C.D. Hansen, C.R. Johnson, The Visualization Handbook, 2005.

Text Analytics

Code ITA	Name Text Analytics	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus every 2nd winter semester
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h lecture 15 h preparation for exam 135 h self-study and working on assignments/projects (optionally in groups)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> - can implement and apply different text analytics methods using open source NLP and machine learning frameworks - can describe different document and text representation models and can compute and analyze characteristic parameters of these models - know how to determine, apply, and interpret use-case specific document similarity measures and underlying ranking concepts - know the concepts and techniques underlying different text classification and clustering approaches - know different models for phrase extraction and text summarization and are able to apply respective models and concepts using NLP and machine learning frameworks - know the fundamental methods for the extraction of document outlines at different levels of granularity - are familiar with basic concepts of topic models and their application in different text analytics tasks - understand the principles of evaluating results of text analytics tasks - know the theoretical background of machine learning methods at sufficient depths to be able to choose parameters and adapt an algorithm to a given text analytics problem - are aware of ethical issues arising from applying text analytics in different domains 	

Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Text analytics in the context of Data Science - Open source text analytics, NLP, and machine learning frameworks - Fundamentals of NLP pipeline components - Document and text representation models - Document and text similarity metrics - Approaches, techniques and corpora for benchmarking text analytics tasks - Traditional and recent text classification and clustering approaches - Information extraction and topic detection approaches - Fundamentals of keyword and phrase extraction - Text summarization techniques - Generating document and text outlines - Ethical and legal aspects of text analytics methods - Text Analytics project management
Voraussetzungen	Recommended are: solid knowledge of basic calculus, statistics, and linear algebra; good Python programming skills
Pruefungs-modalitaeten	<p>Assignment (40%) and Programming Project (60%); about 4-5 assignments focusing on the material learned in class on a conceptual and formal level;</p> <p>group project in which 3-4 students develop a prototypical text analytics framework, including design and evaluation, a written project documentation as well as the code need to be submitted at the end of classes, clearly indicating what student is responsible for what part of the project.</p>
Vergabe der LP	Both assignments and project must be at least satisfactory (4,0) in order to pass the class.
Nuetzliche Literatur	<p>The following textbooks and texts are useful but not required.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dan Jurafsky and James H. Martin. Speech and Language Processing (3rd ed. draft) - Yoav Goldberg. A Primer on Neural Network Models for Natural Language Processing (2015) - Christopher D. Manning and Hinrich Schütze: Foundations of Statistical Natural Language Processing, MIT Press. Cambridge, MA: May 1999. <p>Furthermore, during the course of this lecture, several papers covering topics discussed in class will be provided.</p>

Modules from the MSc Technische Informatik

Here is only a list of modules. For a detailed description of the modules see the module handbook for the MSc Technische Informatik.

- Introduction to High Performance Computing
- GPU Computing
- Advanced Parallel Computing
- Accelerator Practice
- Robotics 1 - Kinematics, Dynamics and Motion Planning
- Robotics 2 - Simulation and Optimization in Robotics
- Biomechanics 1
- Robotics Practical for Computer Engineering Master

2 Other Courses in Computer Science

The modules listed in this chapter can also be chosen for computer science.

Attention: The course language is most likely german.

Algorithmische Geometrie

Code IAGeo	Name Algorithmische Geometrie	
Leistungspunkte 4 LP	Dauer ein Semester	Turnus unregelmäßig
Lehrform Vorlesung 2 SWS, 1 SWS Übung	Arbeitsaufwand 120 h; davon 45 h Präsenzstudium 15 h Prüfungsvorbereitung 60 h Selbststudium und Aufgabenbearbeitung (eventuell in Gruppen)	Verwendbarkeit kann nicht kombiniert werden mit *Computational Geometry* (ICGeo) B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Algorithmen und Datenstrukturen der geometrischen Datenverarbeitung. Sie verstehen Grundkonzepte wie konvexe Hülle, Schnittpunktbestimmung und effektive Punktsuche und können sie algorithmisch umzusetzen. Sie beherrschen die wesentlichen Datenstrukturen zur effizienten Speicherung und Weiterverarbeitung und können die Komplexität der verschiedenen Algorithmen berechnen.	
Inhalt	Basiskonzepte Effiziente Punktsuche, Sweep-Algorithmen, Voronoidiagramme Delaunaytriangulierung Allgemeine Suchstrukturen	
Voraussetzungen	empfohlen ist: Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Pruefungs- modalitaeten	eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	Rolf Klein: Algorithmische Geometrie, Springer Verlag, 2005. Herbert Edelsbrunner: Geometry and Topology of Mesh Generation, Cambridge University Press, 2001. Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, Mark Overmars: Computational Geometry - Algorithms and Applications, 3rd edition, Springer, 2008. Aktuelle Fachveröffentlichungen	

Computational Geometry

Code ICGeo	Name Computational Geometry	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus irregular
Lehrform Lecture 4 SWS + Exercise course 2 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; thereof 90 h lectures and tutorials 15 h preparation for exam 135 h self-study and working on assignments/projects (optionally in Gruppen)	Verwendbarkeit cannot be combined with *Algorithmische Geometrie* (IAGeo) and *Algorithmen für Geometrie und Topologie* (IAGT) B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	The students know the basic algorithms and data structures of geometric and topological data processing. They understand basic concepts such as convex hull, determination of intersections, effective point search, the determination of isosurfaces, simplicial complexes and Betti numbers, and can implement them algorithmically. They master the associated data structures for efficient storage and further processing and can calculate the complexity of the various algorithms.	
Inhalt	Basic concepts from geometry and topology, efficient point search, general search structures, sweep algorithms, Voronoi diagrams, Delaunay triangulation, visibility analyzes, alpha-shape, isosurfaces, discrete manifolds and Morse theory	
Voraussetzungen	recommended is: Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Pruefungs- modalitaeten	written or oral exam at the end of the semester	
Vergabe der LP	pass the exam	
Nuetzliche Literatur	Rolf Klein: Algorithmische Geometrie, Springer Verlag, 2005 Herbert Edelsbrunner: Geometry and Topology of Mesh Generation, Cambridge University Press, 2001 Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, Mark Overmars: Computational Geometry - Algorithms and Applications, 3rd edition, Springer, 2008 current publications	

Computerspiele

Code ICS	Name Computerspiele	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer ein Semester	Turnus jedes Sommersemester
Lehrform Vorlesung 3 SWS, Übung 3 SWS	Arbeitsaufwand 240 h; davon 75 h Präsenzstudium 15 h Prüfungsvorbereitung 150 h Selbststudium und Aufgabenbearbeitung (evtl. in Gruppen)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Die Studierenden lernen die Konzepte von der informatischen Sicht kennen, was Computerspiele ausmacht und welche Herausforderungen damit verbunden sind. Sie lernen, wie man gute und effiziente Architekturkonzepte dafür entwickelt sowie wie man typische Probleme aus Graphik, Kollisionserkennung, Animation/Physik, Pfadplanung/KI umsetzt. Zudem lernen sie in den Übungen, wie man konkrete Spiele entwickelt, so dass sie in der Lage sind, eigene Spieleengines zu realisieren.	
Inhalt	<p>Überblick über die Einteilung von Computerspielen</p> <p>Architektur von Game Engines</p> <p>Vorstellung von OGRE als einer open-source Game Engine</p> <p>Graphik und Computerspiele: ein Überblick</p> <p>Kollisionserkennungstechniken</p> <p>Animationstechniken und Physik bei Computerspielen mit Fokus auf der open source Bibliothek Bullet</p> <p>Pfadplanung und KI</p>	
Voraussetzungen	empfohlen sind: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Programmierkurs (IPK), Algorithmen und Datenstrukturen (IAD)	
Pruefungs-modalitaeten	eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	<p>Gregory et al: Game Engine Architecture</p> <p>Ericson: Real-Time Collision Detection</p> <p>Eberly: Game Physics</p> <p>Millington: Artificial Intelligence for Games</p>	

Praktische Geometrie

Code IPGeo	Name Praktische Geometrie	
Leistungspunkte 4 LP	Dauer ein Semester	Turnus unregelmäßig
Lehrform Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS	Arbeitsaufwand 120 h; davon 45 h Präsenzstudium 60 h Aufgabenbearbeitung 15 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Verständnis grundlegender geometrischer Konzepte zur Datenanalyse sowie effektive Punktsuche und Weiterverarbeitung von Messdaten Souveräner Umgang mit Projektionen und Beschreibungen jenseits der dreidimensionalen Erfahrungswelt Berechnung geometrischer Invarianten, Distanzen, Krümmungen aus Messdaten, rekonstruierten und generierten Flächen	
Inhalt	Grundlegende Gebiete der Geometrie mit Relevanz in Computergraphik, Bildverarbeitung, Mustererkennung, Computer Vision und Geometrischem Modellieren (i) Analytische Geometrie: Operationen auf Vektorräumen mit geeigneten Koordinaten und Abbildungen (Affinitäten, Kollinearitäten), geometrische Ausgleichsprobleme aus fehlerbehafteten Messdaten (ii) Projektive Geometrie: Zentralprojektion und inverse Rekonstruktion von 3D-Objekten aus ebenen Bildern (Computer Vision, Geodäsie), Unterschiede zwischen B-Spline-Kurven und -Flächen und der Klasse der NURBS, Freiformgeometrien in CAD-Systemen (iii) Differentialgeometrie: Parameterdarstellungen in der geometrischen Datenverarbeitung, implizite Darstellungen (level sets), Abschätzung von Invarianten aus diskreten Daten (Triangulierungen, Punktwolken)	
Voraussetzungen	empfohlen sind: Einführung in die Praktische Informatik (IPI), Mathematik für Informatiker (IMI1 und 2) oder Lineare Algebra (MA4)	
Pruefungs- modalitaeten	eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	Geometrie für Informatiker, Skript TU Wien 2004, Helmut Pottmann Aktuelle Fachveröffentlichungen
---------------------------------	---

Randomisierte Algorithmen

Code IRA	Name Randomisierte Algorithmen	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer ein Semester	Turnus mindst. jedes 4. Semester
Lehrform Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS	Arbeitsaufwand 180 h; davon 60 h Präsenzstudium 40 h Prüfungsvorbereitung 80 h Selbststudium und Aufgabenbearbeitung (evtl. in Gruppen)	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Angewandte Informatik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Auf der Grundlage der behandelten Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Teilgebieten der Informatik können die Studierenden die probabilistische Betrachtungs- und Vorgehensweise anwenden bei der Konstruktion und Analyse von probabilistischen und deterministischen Algorithmen, auf kombinatorische Fragestellungen, um spieltheoretische Situationen zu analysieren, auf kryptographische Fragestellungen.	
Inhalt	Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung Das Tenure-Spiel Derandomisierungstechniken Die probabilistische Methode Byzantinische Übereinkunft Stabile Heiraten und der Gale-Shapley-Algorithmus Das Minimax-Prinzip von Yao Komplexitätsanalyse des randomisierten Sortierens Randomisierte Fehlersuche und -korrektur Das Local-Lemma von Lovasz PAC-Lernen und VC-Dimension Wahrscheinlichkeitsverstärkung und Fehlerschranken Lokale Suche für k-SAT Kryptographische Protokolle	
Voraussetzungen	empfohlen sind: elementare Grundkenntnisse in Algorithmen wie sie z.B. im Modul Algorithmen und Datenstrukturen (IAD) vermittelt werden.	
Prüfungsmodalitäten	eine mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	R. Motwani und P. Raghavan, Randomized Algorithms, Cambridge University Press 1995. M. Mitzenmacher und E. Upfal, Probability and Computing, Cambridge University Press, 1995. N. Alon und J. H. Spencer, The Probabilistic Method, John Wiley and Sons, 2008.
---------------------------------	---

3 Courses in Mathematics

In this chapter all module descriptions for the modules in mathematics are listed.

The english translation of these descriptions is in progress.

Attention: The course language can be english or german.

Grundmodul Angewandte Analysis und Modellierung

Code MM12	Name Grundmodul Angewandte Analysis und Modellierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Verständnis der grundlegenden Strukturen, Sätze und Methoden eines Forschungsgebietes der Mathematik, Fähigkeit, typische Aussagen mit den erlernten Methoden selbständig zu beweisen, eigene Kenntnislücken zu erkennen und selbständig zu schließen, Selbstbewusster Umgang mit Lernstrategien und mathematischem Denken	

Inhalt	<p>In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten:</p> <p>Elliptische partielle Differentialgleichungen: Existenz von Lösungen linearer elliptischer Differentialgleichungen, Höhere Regularität in Sobolevräumen, Cacciopoli-Leray Ungleichung, Schaudertheorie, Campanatoräume, BMO, L^p-Theorie elliptischer Differentialgleichungen, Harmonischen Abbildungen.</p> <p>Evolutionsgleichungen: Bochner Integral, Aubin-Lions Lemma, Galerkinverfahren, Schwache Lösung für Parabolische Differentialgleichungen, Hyperbolische Differentialgleichungen, Navier Stokes Gleichung, Euler-Gleichung, Beispiele weitere nichtlineare Differentialgleichungen</p> <p>Nichtlineare Funktionalanalysis: Fixpunktsatz von Schauder, Theorie des Abbildungsgrades, Lemma von Sard, Theorie monotoner Operatoren, Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen, Bifurkationstheorie, Hopf-Bifurkation</p> <p>Variationsrechnung und Modellierung: Variationsrechnung in mehreren Variablen, Motivierung aus Systemen der Natur, Direkte Methode, Euler-Lagrange Gleichung, Null-Lagrangians, Konvexitätsbegriffe, Gamma-Konvergenz, Homogenisierung, Gradientenflüsse</p>
Voraussetzungen	empfohlen sind: Kenntnisse der Analysis, linearen Algebra, Numerik und Funktionalanalysis
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Grundmodul Numerik und Optimierung

Code MM15	Name Grundmodul Numerik und Optimierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Verständnis der grundlegenden Strukturen, Sätze und Methoden eines Forschungsgebietes der Mathematik, Fähigkeit, typische Aussagen mit den erlernten Methoden selbständig zu beweisen, eigene Kenntnislücken zu erkennen und selbständig zu schließen, Selbstbewusster Umgang mit Lernstrategien und mathematischem Denken	

<p>Inhalt</p>	<p>In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten:</p> <p>Finite Elemente: Überblick über die Theorie schwacher Lösungen elliptischer Differentialgleichungen, Galerkinapproximation von Variationsproblemen, Aufbau der Methode der finiten Elemente, das Bramble-Hilbert-Lemma, a priori und a posteriori Fehleranalyse, Lösung der diskreten Probleme, Mehrgitterverfahren, Aspekte der Implementation, adaptive Gitterverfeinerung, Einführung in parabolische Gleichungen</p> <p>Nichtlineare Optimierung: Endlich-dimensionale, glatte, kontinuierliche, nichtlineare Optimierungsprobleme, Optimalitätsbedingungen für unbeschränkte und beschränkte Optimierungsprobleme, Gradientenverfahren, Konjugierte Gradienten-(CG-)Verfahren, Line Search, Newton- und Quasi-Newton-SQP-Verfahren, Gauß-Newton-Verfahren, Behandlung von Ungleichungsbeschränkungen, Trust-Region-Verfahren, Automatische Differentiation</p> <p>Numerische Optimierung bei Differentialgleichungen I: Modellierung dynamischer Prozesse, Parameterschätzung (Einfachschießverfahren, Mehrzielmethode, Kollokation, Verallgemeinertes Gauß-Newton, Strukturausnutzende Lösung der linearisierten Subprobleme, Konvergenzeigenschaften), Optimalsteuerungsproblem (Problemformulierung, Direkte Methode zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen, Mehrzielmethode, SQP-Verfahren, Strukturausnutzende SQP-Verfahren für das diskretisierte Optimalsteuerungsproblem)</p> <p>Uncertainty Quantification 1: Im Rahmen dieser Veranstaltung werden methodische Ansätze vermittelt, die es ermöglichen, eine Quantifizierung der Unsicherheit im Zusammenhang mit komplexen numerischen Modellen zu gewinnen. Folgende Schwerpunkte werden behandelt: Rundungsfehler und Fehlerfortpflanzung in der Numerik, Kondition eines Problems; Stabilitätskonzepte, Monte-Carlo Methoden und Kollokationsverfahren, Polynomielle Chaosentwicklungen, Stochastische Galerkin Diskretisierung</p>
----------------------	--

Voraussetzungen	empfohlen sind: Kenntnisse der Analysis, linearen Algebra und Numerik.
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Grundmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung

Code MM16	Name Grundmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik, M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Verständnis der grundlegenden Strukturen, Sätze und angewandten und theoretischen Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie und/oder Statistik, Fähigkeit, theoretische Aussagen mit den erlernten Methoden selbständig zu beweisen und die Kenntnisse in praktischen Kontexten anzuwenden	

Inhalt	<p>In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten:</p> <p>Wahrscheinlichkeitstheorie II: Theorie stochastischer Prozesse (Endlich-dimensionale Verteilungen, Existenzsatz von Kolmogorov, stetige Pfade, Konstruktion und Eigenschaften der Brownschen Bewegung, Gaußprozesse); Ergodentheorie (Stationäre und ergodische Prozesse, Ergodensätze); Invarianzprinzipien (Straffheit, schwache Konvergenz im Raum der stetigen Funktionen, Invarianzprinzip von Donsker, Theorie der empirischen Prozesse); stochastisches Integral (Martingale in stetiger Zeit, Itô-Integral, Itô-Formel)</p> <p>Statistik II: Asymptotische Statistik (asymptotische Normalität, Effizienz, Abstandsmaße, Modell-Fehlspezifikation, Tests von Hypothesen); Nichtparametrische Statistik (Nichtparametrische Schätzer, Regularisierung, Konvergenzraten, Kernschätzer, Adaptivität, nichtparametrische Tests); Statistik für komplexe Systeme (z.B. Statistik stochastischer Prozesse, inverse Probleme, hochdimensionale Statistik, Statistik bei Netzwerken)</p>
Voraussetzungen	empfohlen sind Kenntnisse der Analysis und linearen Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie 1 und Statistik 1
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Aufbaumodul Angewandte Analysis und Modellierung

Code MM22	Name Aufbaumodul Angewandte Analysis und Modellierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Vertieftes Verständnis der Strukturen, Sätze, Beweise und Methoden eines engeren Forschungsgebietes der Mathematik, Fähigkeit, Aussagen aus dem Teilgebiet selbständig zu beweisen und Beweistechniken zu diskutieren, sowie Aufgaben auf ihre Charakteristika hin zu analysieren und zu klassifizieren um geeignete Lösungsmethoden zu wählen, Fähigkeit, sich Teilaspekte des Themengebietes selbständig zu erarbeiten.	
Inhalt	In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten: Mathematische Grundlagen der Fluid Dynamik: Physikalische Motivation der Navier-Stokes Gleichung, Spezielle Lösungen, Kurzzeitexistenz schwacher Lösung, Langzeitexistenz schwacher Lösungen, Vortizität, Navier-Stokes Gleichung in zwei Dimensionen, Existenz von Lösungen der Eulergleichung PDGs und Modellierung: Modellierung physikalischer/biologischer Prozesse (z.B. Fluidodynamik, Materialwissenschaften, Biologie, ...), Grundlegende mathematische Theorie	
Voraussetzungen	Grundmodul Angewandte Analysis und Modellierung	
Prüfungsmodalitäten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	

Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.
---------------------------------	--

Aufbaumodul Numerik und Optimierung

Code MM25	Name Aufbaumodul Numerik und Optimierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Vertieftes Verständnis der Strukturen, Sätze, Beweise und Methoden eines engeren Forschungsgebietes der Mathematik, Fähigkeit, Aussagen aus dem Teilgebiet selbständig zu beweisen und Beweistechniken zu diskutieren, sowie Aufgaben auf ihre Charakteristika hin zu analysieren und zu klassifizieren um geeignete Lösungsmethoden zu wählen, Fähigkeit, sich Teilaspekte des Themengebietes selbständig zu erarbeiten.	

Inhalt	<p>In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Gemischte Finite Elemente: Stokes- und Navier-Stokes-Gleichungen, Sattelpunktprobleme, das closed range theorem und inf-sub-Stabilität, Taylor-Hood-Elemente, Darcy-Gleichungen für Strömung durch poröse Medien, finite element exterior calculus, discontinuous Galerkin methods * Parallele Löser für Finite Elemente: abstrakte Unterraumkorrekturverfahren, überlappende Schwarz-Verfahren, geometrische und algebraische Mehrgitterverfahren, nichtüberlappende Gebietszerlegungsverfahren, Konvergenztheorie der Unterraumkorrekturverfahren, Implementation und parallele Skalierbarkeit * Numerische Optimierung bei Differentialgleichungen II: Parameterschätzung mit Beschränkungen und Konvergenzanalyse für Verallgemeinerte (beschränkte) Gauß-Newton-Verfahren, Statistische Sensitivitätsanalyse (Vertrauens-/ Konfidenzgebiete, Kovarianz-Analyse), optimale Versuchsplanung (Problemformulierung, Sequentielle Versuchsplanung, Numerische Lösung mit SQP-Verfahren, effiziente Ableitungsberechnung), Globalisierung der Konvergenz bei Newton-Verfahren für sehr nichtlineare Probleme (Abstiegsstrategien, Natürliche Niveaufunktionen, Restriktiver Monotonie-Test (RMT) und praktische Realisierung), Fortsetzungsmethoden (Allgemeine Strategie, Verfahren höherer Ordnung, Schrittweitensteuerung), Effiziente Ableitungsberechnung (Vorwärts- und Rückwärtsmodus, Anwendung auf gewöhnliche Differentialgleichungen und Diskretisierungs-Verfahren dafür) * Uncertainty Quantification 2: Im Rahmen dieser Veranstaltung werden methodische Ansätze vermittelt, die die Quantifizierung von Unsicherheiten im Zusammenhang mit Differentialgleichungen ermöglichen. Folgende Schwerpunkte werden u.a. behandelt: Karhunen-Loève Expansion, Kollokation bzw. hochdimensionale Quadratur und Interpolation, Dünne Gitter, Stochastische Galerkin Diskretisierung für partielle Differentialgleichungen, Bayessche Formulierung inverser Probleme * Informationsgeometrie und Maschinelles Lernen: <ul style="list-style-type: none"> - Differentialgeometrie: Mannigfaltigkeiten, Untermannigfaltigkeiten, Vektor-, Kovektor- und Tensorfelder, Riemannsche Metriken, affine Zusammenhänge, Geodäten, Krümmungstensor) - Informationsgeometrie: Maße auf endlichen Mengen, Fisher-Rao Metrik, alpha-Zusammenhänge, Divergenzfunktionen, Informationsprojektionen, graphische Modelle, Exponentialfamilie, statistische Mannigfaltigkeiten - Maschinelles Lernen: ausgewählte Probleme der Inferenz, des überwachten und unbewachten Lernens als Anwendungsbeispiele
---------------	--

Voraussetzungen	empfohlen ist: Grundmodul Numerik und Optimierung
Pruefungs- modalitaeten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Aufbaumodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung

Code MM26	Name Aufbaumodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS	Arbeitsaufwand pro Veranstaltung: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Vertieftes Verständnis der grundlegenden Strukturen, Sätze und angewandten und theoretischen Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie und/oder Statistik, Fähigkeit, theoretisch zu argumentieren, neue Aussagen mit den erlernten Methoden selbständig zu beweisen und das Potential der Methoden in praktischen Kontexten zu erkennen	

Inhalt	<p>In diesem Modul werden folgende Veranstaltungen angeboten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fortgeschrittene Zeitreihenanalyse 2. Statistik zeitstetiger Prozesse 3. Angewandte Statistik 4. Lokale asymptotische Normalität und Semiparametrik: Asymptotische Entscheidungstheorie für lokal asymptotisch normale Experimente, Differenzierbarkeit im quadratischen Mittel, Kontiguität, Semiparametrik, asymptotische Effizienz in semiparametrischen Modellen 5. Empirische Prozesse: Glivenko-Cantelli Sätze, Vapnik-Cervonenskis Theorie, Konzentrationsungleichungen für empirische Prozesse, Donsker Theoreme, Entropieabschätzungen für Funktionenklassen, Konvergenzraten in der Nichtparametrik 6. Nichtparametrische Minimaxtheorie 7. Statistik inverser Probleme: Lineare schlecht-gestellte inverse Probleme, spektrale Regularisierungsverfahren, Projektionsverfahren, linearer Galerkinansatz, nicht-parametrische Kurvenschätzung, Orakel-Optimalität, Minimax Theorie, Datengetriebene Schätzverfahren, Gauß'sche inverse Regression, Dekonvolution, funktionale lineare Regression, nicht-parametrische instrumentale Regression 8. Bayesstatistik 9. Hoch-dimensionale Statistik: Hoch-dimensionale lineare Modelle, Schätzverfahren in hoch-dimensionalen linearen Modellen, insbesondere LASSO-Schätzer, Konfidenzbereiche und Testverfahren in hoch-dimensionalen linearen Modellen, Modellwahlverfahren, Kleinste Quadrate Schätzer mit Komplexitätsstraftermen, Klassifikationsverfahren
---------------	---

Voraussetzungen	empfohlen ist eine Veranstaltung des Grundmoduls Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung jeweils eine schriftliche oder mündliche Abschlussprüfung am Ende des Semesters.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Spezialisierungsmodul Angewandte Analysis und Modellierung

Code MM32	Name Spezialisierungsmodul Angewandte Analysis und Modellierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 4-8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 2 SWS (4 LP), Vorlesung 2 SWS+Übung 2 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS (8 LP), Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS (6 LP)	Arbeitsaufwand bei Vorlesung 2 SWS: 120 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 75 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS: 180 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen, 105 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS: 180h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 90 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS: 180 h; davon 30 für Präsenz im Hauptseminar, 150 für selbständiges Erarbeiten des Stoffes, Tutorium, Vorbereitung des Vortrags	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Umfassende Kenntnisse und Verständnis der Strukturen, Aussagen, Methoden und Beweistechniken eines aktuellen Forschungsthemas der Mathematik, Fähigkeit, sich komplexe mathematische Sachverhalte selbst zu erarbeiten und zu diskutieren.	
Inhalt	Aktuelle Forschungsthemen aus den Arbeitsgebieten der Dozierenden.	

Voraussetzungen	empfohlen sind Veranstaltung(en) aus dem Aufbaumodul Analysis und Modellierung
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung: mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung, mündlicher Vortrag, schriftliche Hausarbeit oder aktive und erfolgreiche Teilnahme an Diskussionen während der Veranstaltung. Auch Kombinationen davon. Die Prüfungsmodalitäten werden von den Dozent(inn)en spätestens am Anfang der Veranstaltung zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Spezialisierungsmodul Numerik und Optimierung

Code MM35	Name Spezialisierungsmodul Numerik und Optimierung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 4-8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 2 SWS (4 LP), Vorlesung 2 SWS+Übung 2 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS (8 LP), Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS (6 LP)	Arbeitsaufwand bei Vorlesung 2 SWS: 120 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 75 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS: 180 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen, 105 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS: 180h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 90 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS: 180 h; davon 30 für Präsenz im Hauptseminar, 150 für selbständiges Erarbeiten des Stoffes, Tutorium, Vorbereitung des Vortrags	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Umfassende Kenntnisse und Verständnis der Strukturen, Aussagen, Methoden und Beweistechniken eines aktuellen Forschungsthemas der Mathematik, Fähigkeit, sich komplexe mathematische Sachverhalte selbst zu erarbeiten und zu diskutieren.	

Inhalt	<p>Aktuelle Forschungsthemen aus den Arbeitsgebieten der Dozierenden.</p> <p>Angeboten werden folgende Veranstaltungen:</p> <p>Fundamentals of Computational Environmental Physics (every wintersemester, 4 SWS lecture + 2 SWS exercise session, 8 LP): Elementary linear models: Flow in porous media, elliptic partial differential equations (PDEs), Scalar transport, first-order hyperbolic PDEs, Contaminant Transport, parabolic PDEs, Coupled elementary models, active transport, Fluid dynamics, Stokes and Navier-Stokes equations</p>
Voraussetzungen	empfohlen sind Veranstaltung(en) aus dem Aufbaumodul Numerik und Optimierung
Pruefungsmodalitaeten	Pro Veranstaltung: mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung, mündlicher Vortrag, schriftliche Hausarbeit oder aktive und erfolgreiche Teilnahme an Diskussionen während der Veranstaltung. Auch Kombinationen davon. Die Prüfungsmodalitäten werden von den Dozent(inn)en spätestens am Anfang der Veranstaltung zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

Spezialisierungsmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung

Code MM36	Name Spezialisierungsmodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung	
Leistungspunkte pro Veranstaltung: 4-8 LP	Dauer pro Veranstaltung: ein Semester	Turnus mindestens jährlich
Lehrform pro Veranstaltung: Vorlesung 2 SWS (4 LP), Vorlesung 2 SWS+Übung 2 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS (6 LP), Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS (8 LP), Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS (6 LP)	Arbeitsaufwand bei Vorlesung 2 SWS: 120 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 75 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS: 180 h; davon 30 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen, 105 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 15 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS: 180h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 90 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS: 240 h; davon 60 h Präsenz in der Vorlesung 30 h Präsenz in Übungen 120 h Hausaufgaben und selbständiges Nacharbeiten 30 h Prüfungsvorbereitung bei Hauptseminar 2 SWS + Tutorium 2 SWS: 180 h; davon 30 für Präsenz im Hauptseminar, 150 für selbständiges Erarbeiten des Stoffes, Tutorium, Vorbereitung des Vortrags	Verwendbarkeit Es können mehrere verschiedene Veranstaltungen in diesem Modul absolviert werden. M.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Umfassende Kenntnisse und Verständnis der Strukturen, Aussagen, Methoden und Beweistechniken der Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, Fähigkeit, sich komplexe mathematische Sachverhalte selbst zu erarbeiten und zu diskutieren	
Inhalt	Aktuelle Forschungsthemen aus den Arbeitsgebieten der Dozierenden	

Voraussetzungen	empfohlen sind Veranstaltung(en) aus dem Aufbaumodul Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung
Pruefungs-modalitaeten	Pro Veranstaltung: mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung, mündlicher Vortrag, schriftliche Hausarbeit oder aktive und erfolgreiche Teilnahme an Diskussionen während der Veranstaltung. Auch Kombinationen davon. Die Prüfungsmodalitäten werden von den Dozent(inn)en spätestens am Anfang der Veranstaltung zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	Wird von den Dozierenden im LSF oder auf der Homepage der Vorlesung angegeben.

4 General Modules

This chapter concludes the descriptions of the mandatory modules *Seminar*, *Advanced Software Practical*, *Application field* and *Master Thesis*.

During the studies three regular seminars must be completed:

- a seminar in mathematics
- a seminar in computer science (can be replaced by the module *Advanced Software Practical*)
- a master seminar

The master seminar is a regular seminar in mathematics or computer science which must be chosen following the guidelines of your thesis supervisor. Usually the supervisor will ask you to attend one of his regular seminars - or the supervisor can point you to a suitable other seminar. The topic of this seminar should be chosen in preparation of your thesis, but the master seminar is not a seminar about your thesis research.

Seminar

Code SCS	Name Seminar	
Leistungspunkte 6 LP	Dauer one semester	Turnus every semester
Lehrform Seminar 2 SWS + tutorial 2 SWS	Arbeitsaufwand 180h, thereof 60h seminar and tutorial 120h preparation of presentation and supervision	Verwendbarkeit M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Ability to read mathematical literature (usually a more demanding text), to deal with a mathematical problem independently and to present it.</p> <p>Ability to communicate mathematical arguments clearly and understandably to a smaller circle of peers.</p> <p>Knowledge of techniques of scientific writing (especially literature research) Ability to work on complex scientific literature.</p> <p>Advanced ability to present complex scientific literature in a lecture.</p> <p>Advanced ability to discuss lectures and give feedback</p> <p>Ability to create a short scientific paper on a complex topic</p>	
Inhalt	<p>After consultation with the lecturer, in particular a comprehensive counseling interview preceding the presentation.</p> <p>Introduction to and practice of scientific writing techniques.</p> <p>In-depth training in the development and presentation of scientific literature.</p>	
Voraussetzungen	Recommended prior knowledge will be announced by the lecturer	
Pruefungs- modalitaeten	<p>45- to 90-minute presentation, active and passive participation in other lectures, written elaboration of the presentation (about 10 pages)</p> <p>The appropriate scope, form and content are assessed and graded.</p>	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur		

Advanced Software Practical

Code SCASP	Name Advanced Software Practical	
Leistungspunkte 8 LP	Dauer one semester	Turnus
Lehrform 6 SWS Practical	Arbeitsaufwand 240 h	Verwendbarkeit M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Students acquire problem solving competence for complex design and implementation tasks and deepen their programming ability.	
Inhalt	Carry out a project from concept to execution and presentation. Specific contents depends on the problem to be solved. General approach of a software practical includes ? Execution and evaluation of projects and their phase structure ? Planing of team work ? Presentation of project results	
Voraussetzungen		
Pruefungs- modalitaeten	Grading of the documented software, the project report and the presentation of the results	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur		

Field of Application

Code SCAP	Name Field of Application	
Leistungspunkte 18 LP	Dauer	Turnus
Lehrform	Arbeitsaufwand 540 h, Division into presence, practice time, internship, exercises and consultation with the lecturer/supervisor.	Verwendbarkeit M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	In-depth knowledge and skills in an application area	
Inhalt	Selection of an area of ??application according to the rules of the examination regulations, determination of and participation in modules from the area of ??application (the LP correspond to the specifications from the field of application). It must be ensured that no modules are selected from the field of application that have already been registered to to receive the bachelor's degree.	
Voraussetzungen		
Pruefungs-modalitaeten	According to the regulations of the respective department.	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur		

Master Thesis

Code SCMa	Name Master Thesis	
Leistungspunkte 30	Dauer one semester	Turnus
Lehrform	Arbeitsaufwand 900 h; thereof 810 h working on a thesis topic (research and development tasks) 90 h for preparing and giving a thesis presentation	Verwendbarkeit M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	Supervised research work in a specific research area of Scientific Computing	
Inhalt	Research work on a specific topic in Scientific Computing	
Voraussetzungen	According to the examination regulations, §14.2, the amount of 45 credits have to be completed and registered before the master thesis can be registered.	
Pruefungs- modalitaeten	Composite grade: 90% thesis (grade given by the two thesis examiners), 10% presentation (grade given by the two examiners)	
Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung	
Nuetzliche Literatur	Given by supervisor.	

5 Key Competence Program

In this chapter the module descriptions the modules of the Key Competence Program are listed.

This list is still in progress.

The course *C++ Practice* from the MSc Technische Informatik can also be chosen.

Einführung in das Textsatzsystem LaTeX

Code ILat	Name Einführung in das Textsatzsystem LaTeX	
Leistungspunkte 2 FÜK	Dauer ein Semester	Turnus unregelmäßig
Lehrform Praktikum 2 SWS	Arbeitsaufwand 60 h; davon 30 h Präsenzstudium 15 h praktische Übung am Rechner 15 h Hausaufgaben	Verwendbarkeit B.Sc. Angewandte Informatik B.Sc. Mathematik M.Sc. Scientific Computing
Lernziele	<p>Nachdem Studierende die Veranstaltung besucht haben, können sie</p> <ul style="list-style-type: none"> * ein TeX-System installieren und einrichten. * LaTeX-Dokumente mit komplexer Struktur erstellen und bearbeiten. * gängige Fehler in LaTeX-Dokumenten identifizieren und beheben. * LaTeX-Makros programmieren. * LaTeX-Umgebungen mit verschiedenen Paketen aufsetzen. 	
Inhalt	<p>Der Kurs gibt eine Einführung in das Satzsystem LaTeX und vermittelt grundlegende typographische Kenntnisse. Ziel des Kurses ist es, längere und komplexe Dokumente (z. B. Bachelor- und Masterarbeiten sowie Dissertationen) eigenständig in hoher Qualität zu entwickeln, ohne auf die Probleme zu stoßen, die ein komplexes System wie LaTeX dem Anfänger bereitet. Es werden weiterhin auch moderne Konzepte und Entwicklungen von LaTeX vorgestellt, die dem Anwender interessante und hilfreiche Tools zur Verfügung stellen. Behandelt werden u.a.</p> <ul style="list-style-type: none"> * allgemeine Formatierung, Pakete Schriften * Gleitobjekte: Bilder, Tabellen * Verzeichnisse * Mathematiksatz * mehrsprachige Dokumente * Präsentationen * Diagramme * Typographische Feinheiten * Professionelle Briefe, Lebenslauf 	
Voraussetzungen	keine	
Prüfungsmodalitäten	Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	

Vergabe der LP	Bestehen der Modulprüfung
Nuetzliche Literatur	