

Modulhandbuch

zu der Prüfungsordnung

Studiengang Computer Simulation in Science mit dem Abschluss Master of Science

Ausgabedatum: 29.09.2023

Stand: 29.09.2023

Inhaltsverzeichnis

MT	Abschlussarbeit („Master-Thesis“)	4
<i>Computer Simulation</i>		
CSim1	Computer Simulation 1	5
CSim2	Computer Simulation 2	8
CSim3	Computer Simulation 3	10
<i>Computer Science</i>		
CS1	Computer Science 1	12
CS2	Computer Science 2	14
<i>Numerical Methods</i>		
NM1	Numerical Methods 1	16
NM1a	Advanced Numerics	18
NM2a	Numerical Methods 2a	20
NM2b	Numerical Methods 2b	22
NM3	Numerical Methods 3	23
<i>Atmospheric Physics</i>		
AtmP1	Atmospheric Physics 1	24
EAP	Introduction to the Atmospheric Physics	26
AtmP2b	Atmospheric Physics 2b	27
<i>Computational Electromagnetics</i>		
CEM1	Computational Electromagnetics 1	29
CEM2	Computational Electromagnetics 2	30
<i>Computational Finance</i>		
CompFin1	Computational Finance 1	31
CompFin2	Computational Finance 2	32
<i>Computational Fluid Mechanics</i>		
CFM1.1	Computational Fluid Mechanics 1.1	33
CFM1.2	Computational Fluid Mechanics 1.2	34
CFM2	Computational Fluid Mechanics 2	35
CFM3	Computational Fluid Mechanics 3	36
CFM4	Computational Fluid Mechanics 4	37
CFM5	Computational Fluid Mechanics 5	38
<i>Detector Physics</i>		
PDP	Particle Detector Project	39
DET	Detector Physics	40
<i>Imaging in Medicine</i>		

IMG1	Imaging 1	42
IMG2	Imaging 2	44
<i>Molecular and Materials Modelling</i>		
MMM1	Molecular and Materials Modelling 1	46
MMM2	Molecular and Materials Modelling 2	48
<i>Theoretical Particle Physics</i>		
SMTF	The Standard Model of Elementary Particle Physics	50
VTT	Many Particle Theory	51
SFT	Statistical Field Theory	52
COS	Cosmology and General Relativity	53
EQFT	Introduction to Quantum Field Theory	54
FQM	Advanced Quantum Mechanics	55

MT	Abschlussarbeit („Master-Thesis“)	PF/WP PF	Gewicht der Note 30	Workload 30 LP	Aufwand 900 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die in englischer Sprache zu verfassende Abschlussarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat sein Fachgebiet beherrscht und in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine einschlägige Aufgabenstellung selbstständig zu bearbeiten. Das Thema der Masterarbeit wird mit Bezug zum Wahlfach gewählt.</p> <p>English Translation:</p> <p>The master thesis written in English has to prove that the candidate masters his field of study and that he/she is able to accomplish independently a task relevant to this field within a given time frame. The topic of the master thesis is chosen with reference to the specialization.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 4	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung:</p> <p>Voraussetzung für die Ausgabe des Themas der Abschlussarbeit ist der Nachweis von mindestens 70 LP, die den erfolgreichen Abschluss der Module CSim1, CSim3 und mindestens einem Modul in der gewählten Spezialisierung beinhalten.</p> <p>Bei Wahl der Spezialisierung Computational Fluid Mechanics müssen die Module CFM1.1 und CFM1.2 erfolgreich abgeschlossen sein.</p> <p>English Translation:</p> <p>The requirements for getting the topic of the master thesis are 70 credit points including the conclusion of the module examinations CSim1, CSim3 and of at least one module in the chosen specialization.</p> <p>Students of the specialization CFM must have completed the module examinations CFM1.1 and CFM1.2.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 80222	Abschlussarbeit (Thesis)	6 Monate	1	30
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung:</p> <p>English Translation: master thesis, can be repeated once.</p>				

Computer Simulation

CSim1	Computer Simulation 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 11	Workload 11 LP	Aufwand 330 h
Qualifikationsziele: Mastering the fundamental mathematical concepts underlying the master program. Acquisition of basic knowledge of numerical algorithms and their applications in natural sciences and mathematics. Ability to write computer programs to implement the algorithms. The students are able to use this knowledge independently and apply it to solve projects in a laboratory course.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 46961, die UBL 46913 und die UBL 62507 erbracht wurden. English Translation: The registration to the final module exam is possible only when UBL 46961, UBL 46913 and UBL 62507 are successfully completed.</p>				
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 47033	Schriftliche Prüfung (Klausur)	180 Minuten	2	5
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (180 minutes), can be repeated twice.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46893	Elektronische Prüfung	180 Minuten	2	5
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: Electronic module examination (180 minutes), can be repeated twice.</p>				
<p>Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 46961 ist in Komponente a, die UBL 46913 ist in Komponente b und die UBL 62507 ist in Komponente c zu erbringen. English Translation: The UBL 46961 has to be fulfilled in component a, the UBL 46913 in component b and the UBL 62507 in component c.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 46961	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung: Unbenotete Übungen zu "Introduction to Computer Simulation", mindestens 50 Prozent der Übungspunkte sind Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English Translation: Ungraded exercises for "Introduction to Computer Simulation", at least 50 per cent of the exercise points are required for the registration for the final module exam.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 46913	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung: Schriftliche Leistungsabfrage (ca. 60 Min.)</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 62507	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung: Unbenotete Übung zu "Lab Course I", Upload von mindestens 10 Lösungen der Übungen ist Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English translation: Ungraded exercises for "Lab Course I", upload of at least 10 solutions of the exercises is required for the registration for the final module exam.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CSim1-a	Introduction to Computer Simulation	PF	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • Numerical precision and simple algorithms (e.g. finding zeros of a function) • Algorithms of linear algebra: linear systems of equations, eigenvalues • Initial value problems (Runge-Kutta-integration); application to Kepler-problems • Fourier transformation • Molecular dynamics • Numerical integration • Fitting of data 					
CSim1-b	Block Course on Mathematical Foundations	PF	Vorlesung/ Übung	1	60 h
Bemerkungen: Dieser Blockkurs wird ausschließlich eine Woche vor Vorlesungsbeginn (Dauer: 2 Wochen) angeboten und mit Bestehen einer schriftlichen Leistungsabfrage abgeschlossen. Die Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Englisch Translation: This block course will exclusively be taught one week prior the start of the lecture period (duration 2 weeks). It will be completed after passing a written exam. The attendance of the exercises is urgently recommended.					
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Differential and integral calculus (in several dimensions) • Matrix calculus 					
CSim1-c	Lab Course I	PF	Übung	4	150 h
Inhalte: Programming assignments to solve problems chosen from the topics: <ul style="list-style-type: none"> • Random number generators • Monte Carlo integration • Boundary value problems: iterative solution of the Laplace-equation; applications in electrostatics • Diffusion • Chaos • Percolation • Monte Carlo simulation of spin systems (2d Ising model, 2d XY model, ...) • Neural networks • Navier-Stokes equations • Finite elements method 					

CSim2	Computer Simulation 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 13	Workload 13 LP	Aufwand 390 h
Qualifikationsziele: Acquisition of the mathematical concepts and practical methods of data analysis strongly based on practical examples. The students shall be enabled to autonomously solve basic problems in data analysis. The students learn mastering of the requirements for algorithms specific to high performance computing. They are able to develop complex parallel algorithms, to analyze them and judge their efficiency.					
Allgemeine Bemerkungen: Knowledge of numerical mathematics and basic algorithms from Bachelor is assumed.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 46939	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	13
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Komponente a): Data Analysis - Nachgewiesene LP: 5 <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitungen der wöchentlichen ausgegebenen Übungsaufgaben • Fachgespräch von 30 Minuten Dauer Komponente b): Parallel Algorithms- Nachgewiesene LP: 8 <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitungen der wöchentlichen ausgegebenen Übungsaufgaben • Fachgespräch von 30 Minuten Dauer English Translation: Component a): Data Analysis - Credit Points LP: 5 <ul style="list-style-type: none"> • Solution of weekly exercises • Oral discussion: length of 30 minutes Component b): Parallel Algorithms - Credit Points LP: 8 <ul style="list-style-type: none"> • Solution of weekly exercises • Oral discussion: length 30 minutes 				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CSim2-a	Data Analysis	PF	Vorlesung	4	150 h
Inhalte: Probability, important distributions and their properties, expectation values, RMS, correlation, error propagation, tests, parameter estimation, max. likelihood, least squares, fits, optimisation, confidence intervals, detector unfolding, special methods (Bootstrap, Jackknife), parameterisation, profile likelihood method, marginalisation of systematic uncertainties, multivariate techniques.					
CSim2-b	Parallel Algorithms	PF	Vorlesung/ Übung	6	240 h
Inhalte: Parallel architectures and parallel programming models, speedup, efficiency, scalability, linear systems of equations, communication avoiding, sparse matrices and graphs, partitioning methods, iterative methods, colouring schemes, preconditioning using different methods (e.g., incomplete factorizations, domain decomposition and Schwarz iterative methods)					

CSim3	Computer Simulation 3	PF/WP PF	Gewicht der Note 12	Workload 12 LP	Aufwand 360 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Mastering the fundamental mathematical concepts underlying the master program. Acquisition of basic knowledge of numerical algorithms and their applications in natural sciences and mathematics. Ability to write computer programs to implement the algorithms. The students are parallel able to use this knowledge independently and apply it to solve projects in a laboratory course.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Knowledge of numerical mathematics, basic algorithms and programming from bachelor are assumed.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung:</p> <p>Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die Module CSim1 und CS1 erfolgreich abgeschlossen und die UBL 47002 erbracht wurden. English Translation: The registration to the final module exam is possible only when module CSim1 and CS1 and UBL 47002 are successfully completed.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 47028	Elektronische Prüfung	180 Minuten	2	10
<p>Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en):</p> <p>Die UBL 47002 ist in Komponente b zu erbringen. English Translation: The UBL 47002 has to be fulfilled in component b.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 47002	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung:</p> <p>Unbenotete Übungen zu Lab Course II (2 LP), mindestens 50% der Übungspunkte und 50% des Projektes sind Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English Translation: ungraded exercises for Lab Course II (2 cr), at least 50% of the exercise points and 50% of the project are required for the registration for the final module exam.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CSim3-a	Introduction to Computer Simulation II	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: Physical and mathematical problems will be discussed together with the parallel algorithms used to solve them: - Linear algebra (matrix product, Lanczos and CG algorithm and others) - Differential equations - Many-body problems - Monte Carlo simulation of statistical systems					
CSim3-b	Lab Course II	PF	Vorlesung/ Übung	4	240 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • MPI: Introduction • An application: numerical integration • Collective communication • Fox's algorithm for parallel matrix multiplication • Strong/weak scaling, Amdahl's law • OpenMP • Hybrid programming with MPI & OpenMP • Monte Carlo simulations of a scalar field • GPU Parallel Programming with CUDA • Project work: for example, Parallelizing the Poisson equation or Monte Carlo Simulation of a statistical system on a lattice (4d Ising model, q-state Potts models, 3d two-component scalar field theory) Other project topics can be many-body simulations (Lennard-Jones potential with systolic algorithm), time dependent Schrödinger equation, electromagnetic radiation, computational fluid flow, ...					

Computer Science

CS1	Computer Science 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele: Acquisition of knowledge to design and implement larger software projects using object-oriented methods. Students shall be enabled to either apply virtualization technologies in the context of GRID and cloud computing (for the choice Virtualization I) or to master the basic concepts of High Performance Computing (HPC) which are needed for using modern (super-)computers.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Knowledge of one programming language is assumed.</p> <p>Die Modulabschlussprüfung wird in Zusammenhang mit den Modulkomponenten a + b oder a + c abgenommen. English translation: The module final examination is taken in connection with the module components a + b or a + c.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the semester.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46901	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 46909	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CS1-a	Modern Programming	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Inhalte: Unified Modeling Language, C++, debugging, Makefiles, design patterns, GUIs					
CS1-b	Virtualization I	WP	Vorlesung/ Übung	3	90 h
Inhalte: Introduction to virtualization and its application in Science. Topics covered are general virtualization technologies like hypervisors, paravirtualization and Operating-system-level virtualization, containers as well as their usage in the context of scientific Grid and Cloud Computing. Hands-on training on a selected topic.					
CS1-c	Introduction to High Performance Computing (HPC)	WP	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • History of HPC • Overview • Processor • Memory • Networks • Parallel computing • Performance • Numerical methods • Future computing • Repetition 					

CS2	Computer Science 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 7	Workload 7 LP	Aufwand 210 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Ability to use different tools for software engineering. Acquisition of the basics of image processing in general and image analysis of tomographic images in particular or ability to set up orchestration environments and apply them.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Knowledge of one programming language is assumed.</p> <p>Die Modulabschlussprüfung wird im Zusammenhang mit den Modulkomponenten a + b oder a + c abgenommen. English translation: The module final examination is taken in connection with the module components a + b or a + c.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistung wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss durch Aushang bekannt gegeben. English Translation: Assessment of folder, contents, time and form of each single achievement will be announced at the beginning of the semester through notice from the examination board.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46941	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	7

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CS2-a	Tools	PF	Vorlesung/ Übung	2	90 h
Inhalte: Version control systems, computer algebra packages, script languages, unit testing, Fortran, combining different programming languages, profiling, numerical libraries, important data structures (trees, hash tables)					
IMG2-a	Image Processing and Data Visualization	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the importance of modern image processing and data visualization techniques to brain imaging • Data types and structures (scalar, vector, volume data) • Transformation and filtering techniques to carve out specific image features • Image processing pipelines in a supercomputing environment • Impact of AI on image processing • Methods for brain data visualization 					
CS2-c	Virtualization II	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Bemerkungen: Alternative to be mandatory for students with specialization Imaging.					
Inhalte: Additional training on virtualization techniques including orchestration of containerized environments. Protocols in virtualized environments and their usage. Hands-On training with project.					

Numerical Methods

NM1	Numerical Methods 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
<p>Qualifikationsziele: Acquisition of knowledge of complex algorithms for the numerical simulation of ordinary differential equations. Ability to analyze and classify them, apply them properly and develop them further.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Für Studierende, die über fortgeschrittene Kenntnisse in numerischer Mathematik aus ihrem Bachelorstudium verfügen. English Translation: For students who have advanced knowledge in numerical mathematics from their bachelor's degree.</p>					
Moduldauer: 1 Semester	Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 47034 erbracht wurde. English translation: The registration to the final module exam is only possible when UBL 47034 is successfully completed.</p>				
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 47012	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	6
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written examination of Numerical Analysis and Simulation I, (120 min), unrestrictedly repeatable</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46891	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral examination of Numerical Analysis and Simulation I (30 minutes), unrestrictedly repeatable.</p>				
<p>Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 47034 ist in Komponente a zu erbringen. English translation: UBL 47034 has to be fulfilled in component a.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 47034	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung: Bearbeitung der wöchentlich ausgegebenen Übungsaufgaben, Voraussetzung für die Anmeldung zur Prüfung. English Translation: ungraded weekly exercises for Numerical Analysis and Simulation I, required for the registration for the exam.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NM1-a	Numerical Analysis and Simulation I	PF	Vorlesung/ Übung	6	240 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none">• Ordinary Differential Equations (ODE) models in Science• Short synopsis on the theory of ODEs• One-Step methods and extrapolation methods• Multi-step methods• Numerical methods for stiff systems• Application-oriented models and schemes• Boundary Value Problems• Methods for Differential Algebraic Equations• Geometric integrators					

NM1a	Advanced Numerics	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
<p>Qualifikationsziele: Students have gained advanced knowledge in an area of numerical mathematics and can apply advanced methods. They can independently develop advanced methods and concepts of numerics and apply them to new situations.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Nach Wahl der Studierenden können die Komponenten a und b oder die Komponenten a und c belegt werden. Bei der Spezialisierung Computational Finance wird empfohlen, die Komponenten a und b zu wählen. Alle anderen Studierenden sollten die Komponenten a und c wählen. English Translation: Students can take either module components a and b or module components a and c. For the specialisation Computational Finance it is recommended to choose module components a and b. All other students should take module components a and c. Die Modulabschlussprüfung geht von Inhalten der Komponenten a und b oder der Komponenten a und c aus und weist den Erwerb der Lernergebnisse des gesamten Moduls nach. English Translation: The module final examination is taken in connection with the module components a and b or the module components a and c.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe werden zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben. English Translation: Content, deadline and form of the respective individual assignments of the MAP will be announced by the lecturer at the beginning of the semester.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 81060	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NM1a-a	Numerics of Ordinary Differential Equations (Part A)	PF	Vorlesung/ Übung	3	120 h
<p>Bemerkungen: Teil A wird in der ersten Hälfte des Semesters angeboten. In der zweiten Hälfte des Semesters werden die Anwendungen in der Finanzwirtschaft (Teil B) und der Technik (Teil C) angeboten. English Translation: Part A is offered in the first half of the semester. In the second half of the semester applications in finance (part B) and technology (part C) are offered.</p>					
<p>Inhalte: Analysis of ordinary differential equations: Existence and uniqueness, proper posedness. Numerical solution methods for initial value problems: one-step method, multi-step method, extrapolation method; Introduction to boundary value problems.</p>					
NM1a-b	Numerics of Ordinary Differential Equations (Part B) Applications in Financial Mathematics	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
<p>Bemerkungen: Assignment only in conjunction with Part A.</p>					
<p>Inhalte: Models of ordinary differential equations in finance and their numerical solution.</p>					
NM1a-c	Numerics of Ordinary Differential Equations (Part C) Applications in technology	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
<p>Bemerkungen: Assignment only in conjunction with Part A.</p>					
<p>Inhalte: Models of ordinary differential equations in technical applications and their numerical solution.</p>					

NM2a	Numerical Methods 2a	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Acquisition of knowledge of complex algorithms for the numerical simulation of partial differential equations. Ability to analyze and classify them, apply them properly and develop them further.					
Allgemeine Bemerkungen: Numerical Analysis at bachelor level.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 46911 erbracht wurde. English translation: The registration to the final module exam is only possible when UBL 46911 is successfully completed.				
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 47024	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	6
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written examination of Numerical Analysis and Simulation II (120 minutes), unrestrictedly repeatable.				
Modulabschlussprüfung ID: 46948	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral examination of Numerical Analysis and Simulation II (30 minutes), unrestrictedly repeatable.				
Unbenotete Studienleistung ID: 46911	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
Erläuterung: Bearbeitung der wöchentlich ausgegebenen Übungsaufgaben, Voraussetzung für die Anmeldung zur Prüfung. English Translation: Ungraded weekly exercises for Numerical Analysis and Simulation II, required for the registration for the exam.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NM2a-a	Numerical Analysis and Simulation II	PF	Vorlesung/ Übung	6	240 h
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classification and well-posedness of PDEs; basic principles: derivation and discretization of PDEs; elliptic problems (maximum principle and finite differences, variational formulation and Sobolev spaces, finite elements); numerical solutions of discretized problems • hyperbolic systems, especially conservation laws (weak formulation, theory of characteristics, entropy, conservative schemes) • parabolic problems (evolution equations, method of lines, Rothe-method and convergence) • mixed systems (models of heterogeneous systems, splitting schemes) • case studies 					

NM2b	Numerical Methods 2b	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Acquisition of knowledge of different numerical techniques to solve problems in classical field theory and quantum mechanics. The focus will be on the implementation on parallel computers. Students shall be enabled to implement the algorithms. Ability to prepare a documentation.					
Allgemeine Bemerkungen: Quantum Mechanics at bachelor level. Particularly suited for students with Bachelor of Physics or Applied Science					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 47038 erbracht wurde. English translation: The registration to the final module exam is only possible when UBL 47038 is successfully completed.				
Modulabschlussprüfung ID: 46999	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral module examination (30 minutes), unrestrictedly repeatable.				
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 47038 ist in Komponente a zu erbringen. English translation: The UBL 47038 has to be fulfilled in component a.				
Unbenotete Studienleistung ID: 47038	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	5
Erläuterung: Unbenotete Übungsaufgaben und schriftliche Ausarbeitung zu Numerical Methods in Classical Field Theory and Quantum Mechanics (5 LP) sind Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English Translation: Ungraded small homework and term paper for Numerical Methods in Classical Field Theory and Quantum Mechanics (5 cr), required for the registration for the final module exam.				

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
NM2b-a		Numerical Methods in Classical Field Theory and Quantum Mechanics	PF	Vorlesung/ Übung	4	240 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Hydrodynamics: direct simulation of Navier-Stokes for incompressible fluids, lattice-gas models Electrodynamics: time-dependent propagation of electromagnetic fields, Yee-Weilandt discretization Eigenvalue methods for electromagnetic cavities Non-equilibrium thermodynamics of many-body problems Quantum mechanics: time-dependent Schrödinger equation, quantum-spin dynamics for quantum computing, Feynman-Kac path integral 						

NM3	Numerical Methods 3	PF/WP PF	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Mastering of basic concepts of Numerical Mathematics. Ability to analyze and develop basic schemes in Numerical Analysis of Linear and Nonlinear systems.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 35013	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	6
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (120 minutes), unrestrictedly repeatable				
Modulabschlussprüfung ID: 34994	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral module examination (30 minutes), unrestrictedly repeatable.				

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NM3-a	PF	Vorlesung/ Übung	3	180 h
Inhalte: Direct and iterative methods for solving linear systems and eigenvalue and singular value problems. The methods are analyzed w.r.t. stability, convergence, and complexity. Their application in different contexts is discussed.				

Atmospheric Physics

AtmP1	Atmospheric Physics 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Acquisition of expertise and skills on specific topics of atmospheric physics, atmospheric chemistry, measurement techniques as well as numerical modelling.</p> <p>The Summer School on Chemistry and Dynamics of the Atmosphere is a one week course held at the Research Centre Jülich. Students shall be enabled to get to know the relation of atmospheric research to adjacent disciplines to get a broader insight in interdisciplinary scientific questions. They will become acquainted with state-of-the-art measurement techniques and their applications. Furthermore, this course offers the opportunity to intensively discuss with the leading scientists in the field, who are available throughout the course. After the course the students are able to summarize the basic concepts of atmospheric chemistry and physics and thoroughly report their experience.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Die Modulabschlussprüfung wird in Zusammenhang mit den Modulkomponenten a + b oder a + c abgenommen. English Translation: The module final examination is taken in connection with the module components a + b or a + c.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistung wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss durch Aushang bekannt gegeben. English Translation: assessment of folder, unrestrictedly repeatable. Contents, time and form of each single achievement will be announced at the beginning of the semester through notice from the examination board.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46923	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AtmP1-a	Summer School on Chemistry and Dynamics of the Atmosphere (Jülich)	PF	Vorlesung	3	150 h
Bemerkungen: One week course of the Universities Cologne and Wuppertal together with the institutes ICG –I and ICG-II of the Research Centre Jülich					
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Structure and composition of the atmosphere • Gas phase chemistry of the troposphere • Physics and chemistry of aerosols • Isotope ratios in trace gases • Stratospheric chemistry • Remote sensing techniques • Interaction of chemistry and transport • Global change • Numerical Modelling 					
AtmP1-b	Selected Topics in Atmospheric Physics	WP	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Depending on up-to-date topics: Dynamics of the atmosphere, Atmospheric chemistry, Solar physics and the magnetosphere, Molecular spectroscopy, Numerical modelling, Planetary atmospheres					
AtmP1-c	Atmospheric Modelling	WP	Vorlesung/ Übung	4	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction: Types of models • Atmospheric structure and model equations for transport and dynamics • Conceptual lower-dimensional mathematical models (example: stratospheric Brewer-Dobson circulation) • Numerical models • Numerical approaches for atmospheric models • Numerical methods for advection 					

EAP	Introduction to the Atmospheric Physics	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The lecture Introduction to Atmospheric Physics leads to an understanding of the fundamental concepts of atmospheric physics. Students shall be enabled to apply the basic equations including the interaction of physical and chemical processes. With this knowledge they are able to understand basic phenomena of weather and climate.					
Allgemeine Bemerkungen: Particularly suited for students with Bachelor of Physics or Applied Science.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 76363	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	8
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen sowie einem Fachgespräch oder einer schriftlichen Ausarbeitung.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EAP-a	Introduction to Atmospheric Physics	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Basic Equations and definitions • Atmospheric Thermodynamics • Radiation in the Atmosphere • Global energy budget and greenhouse effect • Trace gases and photochemistry • Dynamic of the atmosphere • Atmospheric circulation • Interaction of chemistry and transport • External influences on the atmosphere • Ionosphere and magnetosphere Self-dependent solution of exercises on specific topics based on the lecture "Introduction to atmospheric physics"					
EAP-b	Exercises Introduction to Atmospheric Physics	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Self-dependent solution of exercises on specific topics based on the lecture "Introduction to Atmospheric Physics".					

AtmP2b	Atmospheric Physics 2b	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Acquisition of expertise and skills on specific topics of atmospheric physics, atmospheric chemistry, measurement techniques as well as numerical modelling. Ability to present in oral and scientific form.					
Allgemeine Bemerkungen: Particularly suited for students with Bachelor of Physics or Applied Science.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 47025 und die 46914 erbracht wurden. English Translation: The registration to the final module exam is possible only when UBL 47025 and UBL 46914 are successfully completed.				
Modulabschlussprüfung ID: 46920	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung zu Selected Topics in Atmospheric Physics in Kombination mit Seminar on Atmospheric Physics English Translation: oral module examination for Selected Topics in Atmospheric Physics (30 minutes), in combination with Seminar on Atmospheric Physics				
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 47025 ist in Komponente a und die UBL 46914 ist in Komponente b zu erbringen. English translation: UBL 47025 has to be completed in component a and UBL 46914 has to be completed in component b.				
Unbenotete Studienleistung ID: 47025	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
Erläuterung: Ein unbenotetes Referat zu Selected Topics in Atmospheric Physics, dokumentiert durch ein schriftliches Manuskript/den Foliensatz des Vortrages (2 LP) ist Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English Translation: An ungraded presentation for Selected Topics in Atmospheric Physics, documented by a script/set of slides (2 cr) is required for the registration for the final module exam.				
Unbenotete Studienleistung ID: 46914	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	3
Erläuterung: Ein unbenotetes Referat zu Seminar on Atmospheric Physics, dokumentiert durch ein schriftliches Manuskript/den Foliensatz des Vortrages (3 LP) ist Voraussetzung für die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung. English Translation: An ungraded presentation for Seminar on Atmospheric Physics, documented by a script/set of slides (3 cr) is required for the registration for the final module exam.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AtmP2b-a	Selected Topics in Atmospheric Physics	PF	Vorlesung/ Übung	2	150 h
<p>Inhalte:</p> <p>Depending on up-to-date topics: Dynamics of the atmosphere, Atmospheric chemistry, Solar physics and the magnetosphere, Molecular spectroscopy, Numerical modelling, Planetary atmospheres</p>					
AtmP2b-b	Seminar on Atmospheric Physics	PF	Seminar	2	90 h
<p>Inhalte:</p> <p>Students shall independently deal with selected topics of atmospheric physics and chemistry and related fields and present the result in a seminar talk. With this seminar various soft skills will be trained: Search and assessment of recent literature, suitable preparation of information for a presentation, structure of a scientific presentation, presentation of the relevant information in a well-adjusted form to various target groups.</p>					

Computational Electromagnetics

CEM1	Computational Electromagnetics 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Acquisition of an insight into various techniques to numerically simulate electromagnetic and coupled multiphysics field problems in highly complex technical systems or biological organisms.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 46958	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	8
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (120 minutes), unrestrictedly repeatable				
Modulabschlussprüfung ID: 46968	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral module examination (30 minutes), unrestrictedly repeatable.				

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CEM1-a	PF	Vorlesung/ Übung	5	240 h
Inhalte: Discrete electromagnetic field theory: Continuous geometric discretization methods for Maxwell's equations (Finite-Difference-method, Finite Integration Technique, Cell Method, Whitney Finite Element Method), discrete field formulations, implementations (commercial/research) and practical applications for electromagnetic/multiphysical field problems in complex systems/biological organisms				

CEM2	Computational Electromagnetics 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Ability to effectively use modern (preferably industrial standard) commercial CEM simulation tools or to alternatively develop and use own implementations of electromagnetic field simulators. Students shall be enabled to use these tools to describe and possibly optimize the electromagnetic properties of devices and systems in electrical engineering applications of science and industry. Ability to work in small project teams and present in oral and scientific report form.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 46991	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral module examination (30 minutes), unrestrictedly repeatable				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CEM2-a	Computational Electromagnetics (CEM-Lab Project)	PF	Seminar/ Übung	5	240 h
Inhalte: Team work on industry style projects including commercial electromagnetic field simulations tools (e.g. CST Suite, SEMCAD, FEKO, COMSOL) and/or custom made implementations of simulation tools. Projects goals and the selection of the CEM simulation tools may vary depending on the devices /systems to be modeled. Team presentation of project results within two oral project presentations (first mid semester, second at end of semester) and a written scientific report (paper) to be handed in at the end of the semester.					

Computational Finance

CompFin1	Computational Finance 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with basic concepts in Computational Finance. They have learnt how to model in finance, develop and use simulation tools and judge their efficiency and practicability in front offices.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39158	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 38959	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CompFi1-a	PF	Vorlesung/ Übung	6	240 h
Bemerkungen: Prerequisites: Numerical analysis at bachelor level.				
Inhalte: E.g. modelling of financial markets, Black-Scholes model, stochastic differential equations				

CompFin2	Computational Finance 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with basic concepts numerical methods applied in Computational Finance. They are able to solve numerically partial differential equations arising in finance, and can interpret the numerical results.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 38978	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 38992	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CompFi2-a	Computational Finance 2	PF	Vorlesung/ Übung	6 240 h
Bemerkungen: Prerequisites: Numerical analysis at bachelor level.				
Inhalte: E.g. finite difference methods, finite element methods, partial differential equations arising in finance, numerical solution of initial boundary value problems				

Computational Fluid Mechanics

CFM1.1	Computational Fluid Mechanics 1.1	PF/WP PF	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
<p>Qualifikationsziele: Mastering of the basics of fluid dynamics. Students shall be enabled to apply different models to simulate flows (turbulence models etc.) for the purposes of research and development. Students shall be enabled to critically evaluate CFD results.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Knowledge of the following subjects is strongly recommended: Fluid- and thermodynamics, Advanced Fluid- and thermodynamics, good mathematical and programming knowledge.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn das Modul CSim1 erfolgreich abgeschlossen wurde. English Translation: The registration to the final module exam is possible only when the module CSim1 has been successfully passed.</p>				
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 80227	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	2	4
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (120 minutes), restrictedly repeatable</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 80228	Mündliche Prüfung	30 Minuten	2	4
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral module examination (30 minutes), restrictedly repeatable.</p>				

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CFM1-a	Computational Fluid Dynamics	PF	Vorlesung/ Übung	4 120 h
<p>Inhalte: Introduction in CFD, Spatial and temporal discretization in CFD, solution of the Navier-Stokes equations (algorithms, pressure-correction methods), modeling of turbulent flows, modeling of non-isothermal flows, process of modeling in CFD, analysis and quality of CFD simulations, lab grid generation and CFD simulation</p>				

CFM1.2	Computational Fluid Mechanics 1.2	PF/WP PF	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Mastering of the basics of radiative heat transfer. Students shall be enabled to apply different models to simulate radiative heat transfer for the purposes of research and development. They are further able to apply and implement selected methods relevant for radiative heat transfer methods.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die Module CSim1 und CFM1.1 erfolgreich abgeschlossen wurden. English Translation: The registration to the final module exam is possible only when the module CSim1 and CFM1.1 have been successfully passed.				
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 80211	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	2	4
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (120 minutes) can be repeated twice				
Modulabschlussprüfung ID: 80843	Elektronische Prüfung	120 Minuten	2	4
Modulabschlussprüfung ID: 80844	Mündliche Prüfung	30 Minuten	2	4

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CFM1.2-a	PF	Vorlesung/ Übung	4	120 h
Inhalte: Introduction to heat transfer, radiative heat transfer and radiative Transfer Equation (RTE), RTE-solvers, applications to grey and non-grey media, gas radiative property models, radiative properties of particles, turbulence-radiation interaction (TRI), in-depth solid radiation.				

CFM2	Computational Fluid Mechanics 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Mastering of basic concepts for simulation of pedestrians (movement, routing, interactions). Acquisition of practical experience by the accompanying modelling and simulation project.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 46965	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	4
Modulabschlussprüfung ID: 46897	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
CFM2-a		Pedestrian Dynamics	PF	Vorlesung	4	120 h
Inhalte: Application of pedestrian dynamics Empirical data <ul style="list-style-type: none"> • fundamental diagram, • bottleneck flow, • bi- and multidirectional streams Modeling <ul style="list-style-type: none"> • cellular automata • force models • steering models from robotics • routing 						

CFM3	Computational Fluid Mechanics 3	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Acquisition of knowledge of computational methods to model the hydrodynamics of particle flow (smoothed particle hydrodynamics). The conceptual problem set-up of DEM/SPH can be described; a conceptual model can be developed and the problem can be converted into a computer model. Ability to interpret the results of a numerical simulation and to use them for a general engineering design.					
Moduldauer: 1	Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester			Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 47030	Präsentation mit Kolloquium	60 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
CFM3-a		Smooth Particle Hydrodynamics	PF	Vorlesung	4	120 h
Inhalte: Many process steps in energy technology required for the processing of particulate solids as well as several flow phenomena in environmental sciences which are increasingly attributed to climate change like e.g. sediment transport simultaneously involve complex three-dimensional fluid and particulate flows. These flows are characterized by complex shaped sometimes even moving boundary surfaces and a distinct free-surface behavior. Computational modeling of these flow phenomena can help understand the fundamental processes involved, predict their technical and environmental effects and help improve design and energy efficiency of related machinery. Particle oriented methods such as smoothed particle hydrodynamics (SPH) in combination with discrete element methods (DEM) in contrast to continuum based methods offer the opportunity to be inherently capable of representing the complex free-surface behavior in these systems without relying on a mesh needed for spatial discretization of flow. The concurrent use of particle based methods such as SPH and DEM is still limited in energy technology as well as environmental sciences. Particle based methods allow to improve energy efficiency of processes involving particulate solids as well as to better understand and study particulate/fluid flows in environmental sciences. These flows are impacted by global energy usage as shown by many recent investigations (IPCC Fourth Assessment Report). This course is highly theoretical for engineers and towards research methodology in particular flows.						

CFM4	Computational Fluid Mechanics 4	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Based on theoretical knowledge of the hydrodynamics of flow the application of computational model can be applied. The problem can be described; a conceptual model can be developed and the problem can be converted into a computer model. The results of a numerical simulation can be interpreted and used for a engineering design. Knowledge of Programming Language C, Python or MatLab is assumed.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 46995	Präsentation mit Kolloquium	60 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CFM4-a	Free Surface Water Flow	PF	Vorlesung/ Übung	2	120 h
Inhalte: Free surface flow is very often in hydraulic structures. The detection of the free surface is a highly non-linear flow problem and finally not very well understood. Therefore, in the first part of the course special applications of Navier-Stokes equation will be resumed and based on the Modul of Computational Fluid Dynamics (CFD) the techniques to solve the free surface problem will be put on focus. In the second part of the course the application of different model approaches will be discussed. One-, two- and three-dimensional models will be used and applied to real world problems, e.g. flood protection, water turbine or pump intake, and so on. The model approach will be compared in order to optimize both accuracy and stability as well as storage space and cpu time. Open source models and commercial codes will be used as it is and currently available. Data management, pre-and post-processing should be handled by interactive shells or self made codes (Python, MatLAB).					

CFM5	Computational Fluid Mechanics 5	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: The students are able to develop the mathematical, physical and chemical understanding needed for the description of smoke and fire propagation and to conduct further literature research. The practical exercises enable them to assess the plausibility and validity of numerical fire solutions. They acquire the ability to use the software FDS (Fire Dynamics Simulator) practically and to analyze the simulation data in the context of scientific questions. Students can run computationally intensive simulations on the provided HPC system (High Performance Computing).					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 46929	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	4
Modulabschlussprüfung ID: 46953	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CFM5-a	Fire Simulation	PF	Vorlesung/ Übung	4	120 h
Inhalte: Introduction to physical-chemical topics and fire related modelling: <ul style="list-style-type: none"> • Verification and validation of fire simulations • Turbulent flows • Weakly compressible flows • Thermodynamics and heat transport • Combustion and pyrolysis Application software and methods: <ul style="list-style-type: none"> • Fire Dynamics Simulator • Basic data analysis with Python • Multivariate analysis • HPC systems 					

Detector Physics

PDP	Particle Detector Project	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students know how to apply techniques of particle detection and reconstruction to particular detector setups. They are able to simulate the response of particle detectors to incident particles. They know how to operate and control detectors, record data in laboratory setups and analyse these data. They are able to use modern software tools, including parallel computing techniques, in performing to above mentioned tasks. The students obtain hands-on experience in state-of-the-art experimental equipment (tunneling microscopy). The students can choose their detector project from the following fields: Implementation of multivariate techniques for track reconstruction in field programmable gate arrays, simulation and optimisation of calorimetric measurements with the GEANT package, simulation of air showers with the CORSIKA package, simulation of the propagation of charged particles and their interactions in the universe, simulation of radio-interferometric measurements in air showers, and operation and calibration of large particle detectors using modern distributed computing techniques and web architectures, scanning probe techniques, x-ray probes.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben. English Translation: Assessment of folder, contents, time and form of each single achievement will be announced at the beginning of the semester.				
Modulabschlussprüfung ID: 80219	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
PDP-a Project Introduction	PF	Übung	1	60 h
Inhalte: The students work through prepared detailed work sheets introducing them to the topic of the project. The introduction to the project provides the necessary knowledge and technical competence to work on the transfer task (PDP-b). They present their results in a short presentation.				
PDP-b Transfer Task	PF	Übung	4	150 h
Inhalte: The students work out the solution to a task which was particularly defined for their project.				
PDP-c Final Presentation	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: The students present the results of their project in a 45 minutes long presentation. All students working on a project should attend.				

DET	Detector Physics	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>The students master the physical principles and the components of particle accelerators as well as their functions. They can perform simple computations of linear beam optics. The students know how to describe the interaction of different forms of particle radiation with matter and they are able to connect this knowledge to techniques, methods and components of modern detectors and experiments in particle and astro-particle physics. The students will be enabled to discuss the advantages and disadvantages of different detector types. They can explain the use and the interplay of detectors in large experiments. The students know about basic laboratory techniques of detecting particles, perform simple experiments and analyse recorded data.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung:</p> <p>Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 81023 und die UBL 81024 erbracht wurden.</p> <p>English Translation: The UBL 81023 and the UBL 81024 are required for the registration for the final module exam.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 81022	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	4
<p>Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en):</p> <p>Die UBL 81023 ist in Komponente DET-a und die UBL 81024 ist in Komponente TPDP-b zu erbringen.</p> <p>English translation: The UBL 81023 has to be fulfilled in component DET-a and the UBL 81024 has to be fulfilled in component TPDP-b.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 81023	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung:</p> <p>Hochladen von Protokollen zweier Experimente in angemessener Qualität.</p> <p>English Translation: Upload of protocols of two experiments in sufficient quality.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 81024	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung:</p> <p>Es müssen mindestens 10 Lösungen zu den Aufgaben hochgeladen werden, die mindestens 50% der Punkte entsprechen.</p> <p>English Translation: Upload of at least 10 solutions of the exercises corresponding to at least 50% of the points is required.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
DET-a	Lab course on Detector Physics	PF	Praktische Übung	1	60 h
Inhalte: Choice of two of the following experiments: silicon strip detector, Compton scattering, Rutherford scattering or muon lifetime, reciprocal space probes in condensed matter physics, spectroscopic imaging.					
TPDP-a	Detector Physics	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Linear and circular accelerators. Betatron and synchrotron oscillations. Linear beam dynamics. Interaction of particles with matter, shower, momentum- and track- measurement, track detectors (gas chambers), semi-conductor detectors, time measurement, energy measurement (calorimeter), particle identification, experiments of particle and astro-particle physics, instrumentation, data acquisition.					
TPDP-b	Exercises Detector Physics	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.					

Imaging in Medicine

IMG1	Imaging 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
<p>Qualifikationsziele: The students master the basics of quantitative medical imaging. They learn the underlying physical principles, detection methods, and analysis tools. The students understand the advantages and disadvantages of different brain imaging approaches.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Anmeldung zur Modulabschlussprüfung kann erst erfolgen, wenn die UBL 81044 erbracht wurde. English Translation: The UBL 81044 is required for the registration for the final module exam.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 46963	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral examination (30 min., 4 cr), unrestrictedly repeatable</p>				
<p>Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 81044 ist in Komponente TPDP-b zu erbringen. English Translation: The UBL 81044 has to be fulfilled in component TPDP-b.</p>				
Unbenotete Studienleistung ID: 81044	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
<p>Erläuterung: Es müssen mindestens 10 Lösungen zu den Aufgaben hochgeladen werden, die mindestens 50% der Punkte entsprechen. English Translation: Upload of at least 10 solutions of the exercises corresponding to at least 50% of the points is required.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
IMG1-a	Quantitative Medical Imaging	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the most relevant clinical medical imaging devices: PET, CT and MRI • Introduction to microscopic techniques used for microstructural medical imaging • Physical effects used to generate contrasts (e.g., decay, absorption, spin dynamics) • Image reconstruction and interpretation for diagnostics • Modeling of phantoms and simulation of imaging devices and measurements • Combined usage of experiment and simulation • Revealing the human connectome 					
TPDP-a	Detector Physics	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Linear and circular accelerators. Betatron and synchrotron oscillations. Linear beam dynamics. Interaction of particles with matter, shower, momentum- and track- measurement, track detectors (gas chambers), semi-conductor detectors, time measurement, energy measurement (calorimeter), particle identification, experiments of particle and astro-particle physics, instrumentation, data acquisition.					
TPDP-b	Exercises Detector Physics	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.					

IMG2	Imaging 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students master the basics of imaging the brain at different scales (from MRI to microscopy, from macro to micro).					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English translation: The type of the final module exam will be announced at the beginning of the lecture.				
Modulabschlussprüfung ID: 46975	Schriftliche Prüfung (Klausur)	60 Minuten	unbeschränkt	4
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: written module examination (60 minutes), unrestrictedly repeatable				
Modulabschlussprüfung ID: 46945	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	4
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: English Translation: oral examination (30 min., 4 cr), unrestrictedly repeatable				
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 46990 ist in Komponente b zu erbringen. English translation: The UBL 46990 has to be fulfilled in component b.				
Unbenotete Studienleistung ID: 46990	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	4
Erläuterung: Die Form der unbenoteten Studienleistung (Übungen, Hausarbeit, etc.) wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben. English Translation: The type of the ungraded achievement (exercises, term paper, etc.) will be announced at the beginning of the lecture.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
IMG2-a	Image Processing and Data Visualization	PF	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the importance of modern image processing and data visualization techniques to brain imaging • Data types and structures (scalar, vector, volume data) • Transformation and filtering techniques to carve out specific image features • Image processing pipelines in a supercomputing environment • Impact of AI on image processing • Methods for brain data visualization 					
IMG2-b	Seminar on Imaging II (Jülich)	PF	Seminar	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to a selected modeling and simulation framework (lectures, online descriptions) • Getting familiar with the code and its application (task-driven) • Preparation of oral presentation about experience, method and results 					

Molecular and Materials Modelling

MMM1	Molecular and Materials Modelling 1	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Students are able to describe material properties from the microscopic to the macroscopic scale. They are acquainted with the fundamental concepts of quantum mechanics, thermodynamics and essential knowledge in quantum chemistry and statistical thermodynamics.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: The UBL 80403 is required for the registration for the final module exam.				
Modulabschlussprüfung ID: 80402	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): The UBL 80403 is associated with component c.				
Unbenotete Studienleistung ID: 80403	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
Erläuterung: Seminarvortrag				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MMM1-a	Atomic and Molecular Structure	PF	Vorlesung/ Übung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Basic quantum mechanics, wave functions, operators, expectation values • Time-independent Schrödinger equation • Particle in a box, Quantum harmonic oscillator, Hydrogen atom • Variational principle • Born-Oppenheimer approximation • Chemical bonding: Valence bond and Molecular orbital theory • The Hückel approximation 					
MMM1-b	Macroscopic Materials Properties	PF	Vorlesung/ Übung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • The three laws of thermodynamics • Temperature, entropy and thermodynamic potentials • Applications of thermodynamics: phase transitions, vdW EOS, osmotic pressure • Kinetic theory • The Gibbsian ensemble and Liouville's theorem • The Maxwell-Boltzmann distribution • Microcanonical, canonical and grandcanonical ensembles • Monte Carlo simulations (possible exercise: van der Waals fluid) 					
MMM1-c	Seminar on molecular and materials properties	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: The student will present a current paper or selected topic with relevance to molecular or materials modelling in a short seminar.					
MMM1-d	Exercises on quantum chemistry and thermodynamics	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: The fundamental concepts of quantum chemistry, and classical and statistical thermodynamics from the components MMM1-a and MMM1-b will be practiced in dedicated exercises.					

MMM2	Molecular and Materials Modelling 2	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students learn and apply numerical methods for the simulations of materials at the molecular level. The necessary concepts in quantum chemistry and molecular dynamics are presented and the students acquires skills to perform atomistic simulations of complex systems using modern software.					
Allgemeine Bemerkungen: The students should be familiar with the content of the MMM1 module.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 80845	Präsentation mit Kolloquium	60 Minuten	unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MMM2-a	Methods in Molecular and Materials Modelling	PF	Seminar	3	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Linear combination of atomic orbitals • Hartree-Fock (HF) approximation • Post-HF methods • Periodic boundary conditions • Basis sets: plane waves, atom-centered Gaussian • Kohn Sham Density functional theory (DFT) • Potential energy surfaces • Vibrational analyses: The Hessian • Electronically excited states with linear-response time-dependent DFT • continuum models for solvation • Molecular dynamics (MD) algorithms • Born-Oppenheimer and Car-Parrinello MD • Empirical force fields • Multiscale simulations • Free energy methods • Methods for kinetics 					
MMM2-b	Practical Molecular and Materials Modelling	PF	Übung	2	120 h
Inhalte: <p>Selected applications of the methods introduced in component MMM2-a using modern software, e.g.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbomole • Pyscf/Psi4 (Python coding) • CPMD • Gromacs • LAMMPS • visualization software <p>Working on a project using the practical methods learned. The project will be documented and presented in the form of a poster (including an abstract).</p>					

Theoretical Particle Physics

SMTP	The Standard Model of Elementary Particle Physics	PF/WP PF	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students learn the properties and foundations of the Standard Model of Elementary Particle Physics.					
Allgemeine Bemerkungen: Im Spezialisierungsbereich "Theoretical Particle Physics" gilt für dieses Modul Wahlpflicht. English Translation: This module is an elective module within the specialization „Theoretical Particle Physics“.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Für die Hausarbeit gilt: Umfang: 20 - 25 Seiten. English Translation: Scope of written homework: 20 - 25 pages. Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 40980	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 40957	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SMTP-a	The Standard Model of Elementary Particle Physics - a	PF	Vorlesung	4 180 h
Inhalte: Foundations and properties of the Standard Model.				
SMTP-b	The Standard Model of Elementary Particle Physics - b	PF	Vorlesung/ Übung	2 60 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.				

VTT	Many Particle Theory	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students know advanced phenomena in solid state physics which can not be explained by one particle properties. They are able to describe and compute the interaction of phonons with electrons within the framework of perturbation theory.					
Moduldauer: 1		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Für die Hausarbeit gilt: Umfang: 20 - 25 Seiten. English Translation: Scope of written homework: 20 - 25 pages. Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39197	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 39146	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
VTT-a	Many Particle Theory - a	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • occupation number representation • microscopic electronic models of solid state physics • Green functions and perturbation theory • Feynman diagrams • physical applications of perturbation theory • linear response theory 					
VTT-b	Many Particle Theory - b	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.					

SFT	Statistical Field Theory	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students know the phenomenology of phase transitions and criticality of lattice- and continuums-models, as well as the possible range of critical exponents and their deduction from scaling arguments within the framework of the renormalization group and finite-size-scaling arguments. Conveying the special properties of conformal invariance in two dimensions. Mastery of computational skills like perturbation theory and integrability of low dimensional systems, in particular the Bethe-Ansatz.					
Moduldauer: 1		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Für die Hausarbeit gilt: Umfang: 20 - 25 Seiten. English Translation: Scope of written homework: 20 - 25 pages. Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39170	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 38942	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SFT-a	Statistical Field Theory - a	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Kritische Phänomene • Renormierungsgruppe • Konforme Invarianz und Feldtheorie • Finite-Size-Scaling • Zwei-dimensionales Ising-Modell • Nichtlineares Sigma-Modell • Thermodynamik exakt lösbarer Vertexmodelle • Stochastische Systeme • Random-Walk und Brownsche Bewegung 					
SFT-b	Statistical Field Theory - b	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.					

COS	Cosmology and General Relativity	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: Mastering of the basic principles of general relativity as the theoretical foundation of cosmology. The students understand the Big Bang model and its important pillars (Hubble-expansion, microwave background radiation, synthesis of light elements) and they recognize the necessity for the existence of dark matter and dark energy. The students shall be enabled to learn independently new special topics of the Elementary- or Astro-particle physics related to cosmology and to make a presentation about them. They master modern presentation media.					
Moduldauer: 1		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben. English Translation: Assessment of folder, contents, time and form of each single achievement will be announced at the beginning of the semester.				
Modulabschlussprüfung ID: 53027	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	8

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
COS-a	Introduction to Cosmology and General Relativity	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Inhalte: General co-ordinate transformations, metrics of space-time, Robertson-Walker metrics, Einstein and Friedmann Equations, cosmic dynamics and world models, Hubble Law, critical density of Universe, cosmological constant, age measurements, cosmic microwave background radiation, primordial nucleo-synthesis, dark matter					
STP-a	Main Seminar on Particle Physics	PF	Seminar	2	60 h
Inhalte: Seminar on topics of theoretical and experimental particle physics.					

EQFT	Introduction to Quantum Field Theory	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students shall be enabled to carry out modern research in the field of theoretical particle physics and its computer assisted applications.					
Moduldauer: 1	Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Für die Hausarbeit gilt: Umfang: 20 - 25 Seiten. English Translation: Scope of written homework: 20 - 25 pages. Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 40901	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 40963	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
EQFT-a		Introduction to Quantum Field Theory	PF	Vorlesung	2	150 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> relativistic quantum mechanics Nöther theorem field quantization in momentum space propagator of the free scalar field Wick theorem interaction, normal ordering, time ordering Feynman diagrams cross sections and decay rates regularization and renormalization representations of the Poincare group Grassmann variables path integrals quantization of gauge theories quantum electrodynamics 						
EQFT-b		Exercises Introduction to Quantum Field Theory	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Contents of the lecture are practiced in dedicated exercises.						

FQM	Advanced Quantum Mechanics	PF/WP WP	Gewicht der Note 8	Workload 8 LP	Aufwand 240 h
Qualifikationsziele: The students learn advanced methods and techniques of quantum mechanics, in particular the relativistic formulation and the field quantization. They are able to derive and solve the formulation of advanced quantum mechanical problems. They will gain an overview of various computational methods and approximations as well as the fundamental importance of relativistic phenomena in physics. They will also learn the foundations of theoretical particle physics.					
Moduldauer: 1		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. English Translation: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39291	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	8
Modulabschlussprüfung ID: 39113	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
FQM-a		Advanced Quantum Mechanics	PF	Vorlesung/ Übung	6	240 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Invariance of the equations of motion and conserved quantities • Time reversal • Time dependent perturbation theory • Variational methods • Hartree Fock equation • Structure of molecules • Scattering theory: cross section, Born series, single and multiple scattering • S- and T-matrix • Relativistic quantum mechanics: Klein-Gordon and Dirac equation • Field quantization • Quantum theory of radiation • Foundations of particle physics 						

Legende

PF	Pflichtfach
WP	Wahlpflichtfach
FS	Fachsemester
LP	Leistungspunkte
MAP	Modulabschlussprüfung
UBL	Unbenotete Studienleistung
SWS	Semesterwochenstunden