Studienplan mit Modulhandbuch

für den kooperativen Masterstudiengang
Angewandte Mathematik und Physik (M-AMP)

an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm und
an der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt

gültig ab dem Wintersemester 2024/25

Inhaltsverzeichnis

Inkrafttreten ***3***

Studienplan ***4***

Übersicht der Module 5

Fächerkataloge der Wahlpflichtmodule 8

Modulhandbuch (THN) ***9***

Modul 2: Verfahren der Datenverarbeitung 10

Modul 3: Stochastische Prozesse 12

Modul 4.1: Simulation physikalischer Systeme I: Kontinuumsmechanik und Transportphänomene 13

Modul 5: Simulation physikalischer Systeme II 14

Modul 6: Vielteilchenphysik und statistische Physik 15

Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I 17

Modul 8: Projektarbeit I 18

Modul 9: Projektarbeit II 19

Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II 20

Modul 11: Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul 21

Modul 12: Masterarbeit 22

Lehrveranstaltungen im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule 23

Modulhandbuch (THWS) ***27***

Modul 1: Computational Mathematics 28

Modul 4.2: Simulation physikalischer Systeme I: Halbleiterphysik 29

Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I- 31

Modul 8: Projektarbeit I 33

Modul 9: Projektarbeit II 33

Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II 34

Modul 12: Masterarbeit 35

Lehrveranstaltungen im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule 36

Inkrafttreten

Dieser Studienplan mit Modulhandbuch ergänzt die Studien- und Prüfungsordnung für den kooperativen Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik (SPO M-AMP) an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm und an der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt vom 1. Dezember 2017 und begründet sich aufgrund § 16 der ASPO.

Der Studienplan tritt mit Wirkung zum Beginn des Wintersemesters 2024/25 in Kraft und gilt für alle Studierenden, die ihr Studium in diesem Studiengang ab dem Wintersemester 2024/25 beginnen.

Die Modulhandbücher (ab Seite 9 bzw. 27) treten mit Wirkung zum Beginn des Wintersemesters 2024/25 in Kraft.

Studienplan

Nachfolgend finden sich eine Übersicht der Module des Studiengangs sowie weitere Angaben zu den Fächerkatalogen der Allgemeinwissenschaftlichen bzw. Technischen Wahlpflichtmodule.

Im Anschluss werden die entsprechenden Modulhandbücher der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg (THN) sowie der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt (THWS) dargelegt.

Übersicht der Module

Nr.	Modulname (ggf. Teilmodule)	Art der LV	SWS	ECTS	Prüfung Art und Dauer in Minuten	EB	Anm.
1	Computational Mathematics	SU, Ü, S	4	5	9)	Ja	1) 4)
2	Verfahren der Datenverarbeitung	SU, Ü, S	4	5	9)	ja	4)
3	Stochastische Prozesse	SU, Ü, S	4	5	9)	Ja	4)
4	Simulation physikalischer Systeme I 4.1 Kontinuumsmechanik und Wärmetransportphänomene an der THN oder 4.2 Halbleiterphysik an der THWS	SU, Ü, S	4	5	9)	Ja	4)
5	Simulation physikalischer Systeme II (Elektromagnetische Felder)	SU, Ü, S	4	5	9)	Ja	4)
6	Vielteilchensysteme und statistische Physik	SU, Ü, S	4	5	9)	Ja	4)
7	Technisches Wahlpflichtmodul I	SU, Ü, S, Prakt	4	5	9)	Ja	2) 3) 4) 8)
8	Projektarbeit I	Pro	8	10	SL	Ja	7)
9	Projektarbeit II	Pro	4	5	SL	Ja	6) 7)
10	Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II	Pro oder SU, Ü, S, Prakt	4	5	SL oder 9)	Ja	2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)
11	Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul	SU, Ü, S, Prakt	4	5	9)	Ja	2) 3) 4) 8)
12	Masterarbeit			30			
12.1	Masterarbeit			28	Masterarbeit	Ja	§ 11 Abs. 3 SPO
12.2	Masterseminar	S	2	2	Kolloquium mE/oE		§ 11 Abs. 7,8 SPO
Gesamt:			**50**	**90**			

Fußnotenverzeichnis	
1)	Die Veranstaltung wird sowohl in Präsenz an der THWS als auch hybrid per Online-Übertragung angeboten.
2)	Nach näherer Angabe im Studienplan kann bei den Wahlpflichtmodulen Vorgabe bzw. das Erfordernis bestehen, die Prüfungsleistung (ggf. teilweise) in nicht-deutscher Sprache zu erbringen.
3)	Die für die Technischen Wahlpflichtmodule I und II und das Allgemeinwissenschaftliche Wahlpflichtmodul zulässigen Lehrveranstaltungen sind der Anlage zum Studienplan beigefügt bzw. können mit ggf. noch einzuholender Genehmigung der Prüfungskommission aus dem Angebot der THN und THWS gewählt werden. Eine Liste der bereits zugelassenen Wahlpflichtfächer kann jeweils zu Semesterbeginn bei der/dem Vorsitzenden der Prüfungskommission angefragt werden.
4)	Die tatsächliche Art der Lehrveranstaltung sowie die Festlegung der Form der Prüfungsleistung erfolgt gemäß § 16 Abs. 1 Satz 7 ASPO im Modulhandbuch und wird jeweils zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. Es ist jeweils nur eine der in Spalte 6 genannten Prüfungen abzulegen.
5)	Anstelle der Projektarbeit III kann alternativ das Technische Wahlpflichtmodul II gewählt werden.
6)	Sofern im Rahmen von Modul 10 das Technische Wahlpflichtmodul II gewählt wird, müssen Modul 9 und 10 inhaltlich verknüpft und mit der Betreuerin / dem Betreuer der Projektarbeit unter Modul 9 abgesprochen sein. Wird unter Modul 10 die Projektarbeit III gewählt, müssen Modul 9 und Modul 10 eine inhaltliche Einheit bilden, d.h. es ist eine Gesamtprojektarbeit anzufertigen.
7)	Während der Projektarbeit bearbeiten Studierende selbstständig eine Aufgabe oder ein Problem von der Planung über die Durchführung bis zur Präsentation des Ergebnisses. Hierbei sollen die Studierenden sich zur Bearbeitung einer Aufgabe oder eines Problems zusammenfinden, um in größtmöglicher Eigenverantwortung immer auch handelnd-lernend tätig zu sein und solche Aufgaben und Probleme kritisch zu analysieren und gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Bei dieser Arbeit werden die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten praktisch angewandt. Der Umfang der Projektarbeit entspricht dem Workload nach ECTS (1 ECTS-Punkt entspricht 30 Arbeitsstunden). Das Ergebnis der Projektarbeit ist schriftlich (Richtwert zwischen 10 und 20 DIN A4-Seiten) auszuarbeiten und im Rahmen eines Referats vorzustellen (Richtwert zwischen 15 und 25 Minuten).
8)	Qualifikationsziele der Technischen Wahlpflichtmodule sind die Analyse von Problemstellungen in Anwendungsbereichen der Mathematik, Informatik und/oder Physik sowie der Erwerb von Methoden zur Lösung dieser Problemstellungen. Qualifikationsziel des Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtmoduls ist die Erweiterung der fachübergreifenden, sprachlichen und/oder sozialen Kompetenzen.
9)	Je Modul – mit Ausnahme des Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtmoduls, in dem es je nach SWS-Umfang Teilprüfungen sein können – ist eine Prüfung abzulegen. Die jeweilige Prüfung besteht aus einer mündlichen Prüfung (20-45 Min.) oder einer schriftlichen Prüfung (90-120 Min.) oder einer Seminarleistung. • Eine Seminarleistung besteht aus einem Referat (10-70 Min.) und/oder einer Studienarbeit (Umfang zwischen 10 und 20 DIN A4-Seiten). • Eine Studienarbeit besteht aus einer schriftlichen Ausarbeitung und/oder einer praktischen Leistung. • Praktische Leistungen sind z.B. die Bearbeitung von praktischen und/oder theoretischen Aufgaben oder die Realisierung einer Software- oder Medienanwendung oder von Teilen einer solchen Anwendung. In begründeten Ausnahmefällen kann in einer Modulprüfung eine mündliche Prüfung

(15-20 Min.) oder eine schriftliche Prüfung (60-90 Min.) mit einem Referat oder einer Studienarbeit kombiniert werden. Der Gesamtumfang der Modulprüfung ist in diesem Fall analog zum Umfang eines Referats (max. 45 Min.) mit zugehöriger schriftlicher Ausarbeitung (max. 20 Seiten) zu begrenzen.

Art, Umfang und Gewichtung der einzelnen Prüfungselemente sind Bestandteil der Modulbeschreibung.

Abkürzungsverzeichnis	
,	und
Anm.	Anmerkung
EB	endnotenbildend
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System
LV	Lehrveranstaltung
Nr.	Modulnummer
Prakt	Praktikum
Pro	Projekt
S	Seminar
SL	Seminarleistung, besteht aus einem Referat (10-70 Min.) und/oder einer Studienarbeit (Umfang zwischen 10 und 20 DIN A4-Seiten).
SU	Seminaristischer Unterricht
SPO	Studien- und Prüfungsordnung
SWS	Semesterwochenstunden
THN	Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
THWS	Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt
Ü	Übung

Übersicht der Module nach Semestern

Semester	1		2		3	
	ECTS	SWS	ECTS	SWS	ECTS	SWS
Modul 1: Computational Mathematics	5	4				
Modul 2: Verfahren der Datenverarbeitung	5	4				
Modul 3: Stochastische Prozesse			5	4		
Modul 4: Simulation physikalischer Systeme I	5	4				
Modul 5: Simulation physikalischer Systeme II			5	4		
Modul 6: Vielteilchensysteme und statistische Physik			5	4		
Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I	5	4				
Modul 8: Projektarbeit I	10	8				
Modul 9: Projektarbeit II			5	4		
Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II			5	4		
Modul 11: Allgemeinwissenschaft. Wahlpflichtmodul			5	4		
Modul 12: Masterarbeit (inkl. Masterseminar)					30	2
Gesamt:	**30**	**24**	**30**	**24**	**30**	**2**

Fächerkataloge der Wahlpflichtmodule

Die für die Technischen Wahlpflichtmodule I und II und das Allgemeinwissenschaftliche Wahlpflichtmodul zulässigen Lehrveranstaltungen sind dem Modulhandbuch beigefügt bzw. können mit ggf. noch einzuholender Genehmigung der Prüfungskommission aus dem Angebot der THN und THWS gewählt werden. Eine Liste der bereits zugelassenen Wahlpflichtfächer kann jeweils zu Semesterbeginn bei der/dem Vorsitzenden der Prüfungskommission angefragt werden. Das jeweils aktuelle Angebot wird jedes Semester im Rahmen der Einschreibungen zu den Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfächern (AWPF) bzw. den Technischen Wahlpflichtfächern (TWPF) bekannt gegeben. Eine Beschreibung von Technischen Wahlpflichtfächer, deren regelmäßige Durchführung seitens der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm sowie der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt angestrebt aber jedoch nicht garantiert wird, findet sich in den nachfolgend gelisteten Modulhandbüchern.

Modulhandbuch (THN)

Beschreibung der Module des kooperativen Masterstudiengangs Angewandte Mathematik und Physik (M-AMP) an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm.

Dieses Modulhandbuch tritt mit Wirkung zum Beginn des Wintersemesters 2024/25 in Kraft.

Modul 2: Verfahren der Datenverarbeitung						
Kürzel M2	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** SoSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Julia Plaß, Prof. Dr. Elke Wilczok					
2	**Lehrveranstaltung** Verfahren der Datenverarbeitung	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 3 SU, 1 Ü
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg					
4	**Inhalte** Deterministische Verfahren: • Wiederholung: Grundlagen der Fourier-Analysis • Diskrete Fourier-Transformation, FFT • Gefensterte Fourier-Transformation • Kontinuierliche Wavelet-Transformation • Wavelet-Orthonormalbasen, speziell: Wavelets mit kompakten Trägern (Daubechies-Wavelets) • Diskrete Wavelet-Transformation (Mallat-Algorithmus) • Wavelets als Filter • Varianten der Wavelet-Transformation wie Liftings, Pakete, Shearlets • Theoretischer Hintergrund: Basen und Frames • Wavelet-Pakete • Theoretischer Hintergrund: Basen und Frames • Repräsentative Anwendungsbeispiele (Signalanalyse, Datenkompression, Rekonstruktion gestörter Daten, Kanten-Detektion in Bildern, Merkmalsbildung im maschinellen Lernen, ...) Statistische Verfahren: • Wiederholung: Grundlagen der Stochastik • Lineare Regressionsmodelle • Generalisierte lineare Modelle (insbesondere: Logistische Regression, Poisson-Regression und kategoriale Regressionsmodelle) • Nichtparametrische Regression • Entscheidungsbäume • Ensemble-Methoden (Bagging, Random-Forests) • Shrinkage-Verfahren, Overfitting-Problematik					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Teilnehmende dieser Vorlesung • nennen die wichtigsten Definitionen und Sätze aus dem Kontext von Fourier- und Wavelet-Transformation • beurteilen, welche Transformation für ein gegebenes Anwendungsproblem angemessen ist • berechnen Transformationen für konkrete Beispiele, sowohl analytisch als auch mit Hilfe von Software-Tools • analysieren und interpretieren Transformationsergebnisse • sind sich bewusst, welche Grenzen die verschiedenen Transformationen besitzen und welche Artefakte auftreten können • schätzen den Aufwand für die Berechnung einer Transformation ein und vergleichen die Effizienz					

	verschiedener Algorithmen • sind in der Lage Regressionsmodelle inklusive der entsprechenden Annahmen im Kontext verschiedener Anwendungsfelder aufzustellen und unter Beachtung typischer Herausforderungen (Multikollinearität, Overfitting etc.) zu diskutieren • interpretieren Punkt- und Intervallschätzungen von Regressionsparametern korrekt und besitzen die Fähigkeit, passende Signifikanztests auszuwählen und deren Ergebnis zu interpretieren • interpretieren Entscheidungsbäume und baumbasierte Ensemble-Methoden korrekt und entscheiden angepasst an den Anwendungskontext, welche Methode geeignet ist
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der höheren Mathematik im Umfang der Vorlesungen Analysis 1+2, Lineare Algebra und Angewandte Analysis • Grundkenntnisse in MATLAB oder Python
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Mündliche Prüfung über 30 Minuten (Modulprüfung)
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik
9	**Literaturhinweise** • Addison, The Illustrated Wavelet Transform Handbook • Brigola: Fourier-Analysis und Distributionen • Blatter: Wavelets – eine Einführung • Daubechies: Ten Lectures on Wavelets • Fahrmeir: Regression – Modelle, Methoden und Anwendungen • Fahrmeir: Statistik – Der Weg zur Datenanalyse • James: An Introduction to Statistical Learning • Louis, Maaß, Rieder: Wavelets - Theorie und Anwendungen • Mertins, Signaltheorie • Nievergelt, Wavelets Made Easy • Shah, Tantary, Wavelet Transforms – Kith and Kin • Strang, Nguyen, Wavelets and Filter Banks • Unpingco, Python for Signal Processing • Walnut, Wavelet Analysis

Modul 3: Stochastische Prozesse						
Kürzel M3	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** WiSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Matthias Börger					
2	**Lehrveranstaltung** Stochastische Prozesse	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 4 SU
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** • Grundlagen der Maßtheorie: Maßproblem, Mengensysteme, Messbare Abbildungen, Maße • Wahrscheinlichkeitstheorie: Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsvariablen, Unabhängigkeit • Bedingte Erwartungen: Definition, Eigenschaften • Markov-Ketten: Übergangswahrscheinlichkeiten, Klassifikation von Zuständen, Grenzverhalten • Poisson-Prozesse: homogene und inhomogene Prozesse, zusammengesetzte Prozesse, doppelt-stochastische Prozesse • Brownsche Bewegung: Standard Brownsche Bewegung und Erweiterungen, Simulationstechniken • Stochastische Integration: Riemann-Stieltjes-Integral, Ito-Integral, Ito‘s Lemma					
5	**Lernziele / Kompetenzen** • Grundlegendes Verständnis maßtheoretischer Konzepte • Kenntnis der wichtigsten stochastischen Prozesse sowie deren Eigenschaften • Fähigkeit zur Modellierung von natur- und wirtschaftswissenschaftlichen Systemen mit Hilfe stochastischer Prozesse: Dabei sind die Teilnehmer*innen in der Lage, die Modelle zu entwickeln, Lösungen für konkrete Anwendungsprobleme zu planen und die Ergebnisse zu überprüfen.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Grundkenntnisse in Analysis, Lineare Algebra sowie Grundlagen der Stochastik					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** • Robert P. Dobrow: Introduction to Stochastic Processes with R, Wiley • Kurt Jacobs: Stochastic Processes for Physicists, Cambridge • David Meintrup und Stefan Schäffler: Stochastik – Theorie und Anwendungen, Springer					

Modul 4.1: Simulation physikalischer Systeme I: Kontinuumsmechanik und Transportphänomene						
Kürzel M4.1	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** SoSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Michael Mayle, Prof. Dr. Florian Steinmeyer					
2	**Lehrveranstaltung** Kontinuumsmechanik und Transportphänomene	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 3 SU, 1 Ü
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Die Lehrveranstaltung vermittelt die physikalischen Grundlagen der Kontinuumsmechanik und von Transportphänomenen. Die Beschreibung erfolgt dabei durchgehend mit Methoden der Vektor- und Tensoranalysis. Anhand von praktischen Fallbeispielen werden die erworbenen theoretischen Fähigkeiten auf technische Problemstellungen angewendet. Lehrinhalte: • Lineare und nichtlineare Elastizitätstheorie. • Fluiddynamik und Beschreibung von turbulenten Prozessen • Schallausbreitung in Fluiden und Festkörpern • Transportphänomene (Wärmetransport, Diffusion). • Simulation gekoppelter physikalischer Systeme.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Die Studierenden sollen dazu befähigt werden, komplexe kontinuierliche physikalische Systeme theoretisch zu beschreiben und für technische Anwendungen in Form analytischer Modelle und Computersimulationen zugänglich zu machen. Lernziele / Kompetenzen: • Theoretisches Verständnis der o.a. Lehrinhalte • Fähigkeit diese Lehrinhalte in Form von Computersimulationen abzubilden. • Fähigkeit die Validität der Computersimulationen anhand analytischer Modelle zu überprüfen. • Auswahl angemessener Visualisierungsmethoden für die Berechnungsergebnisse.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der höheren Mathematik, insbes. Vektoranalysis. • Kenntnisse der Experimentalphysik im Umfang der Module Physik 1 bis Physik 3 des Studiengangs B-AMP. • Grundkenntnisse der Methode der finiten Elemente.					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Referat (30 Min.) und Abgabe einer Studienarbeit zum gleichen Thema					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** • M. Bartelmann et. al., Theoretische Physik, Berlin, Springer, 2015 • T. Fließbach, Lehrbuch zur Theoretischen Physik, Mechanik, Heidelberg: Spektrum, 2012 • C. D. Hansen, C. R. Johnson, The visualization, Burlington MA: Elsevier, 2005 • Weitere Literaturhinweise werden im Rahmen der Lehrveranstaltung gegeben					

Modul 5: Simulation physikalischer Systeme II						
Kürzel M5	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** WiSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Thomas Lilienkamp, Prof. Dr. Jan Lohbreier					
2	**Lehrveranstaltung** Elektromagnetische Felder	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 4 SU / Ü
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Grundlagen zur Berechnung elektromagnetischer Felder Berechnung und Simulation von Wellenphänomenen Anwendungsbeispiele elektromagnetischer Wellen Lehrinhalte: • Grundlagen der Elektrodynamik, Maxwell-Gleichungen, Berechnung der Felder aus Potentialen • Ebene elektromagnetische Wellen im freien Raum und in Materie • Wellenleiter • Vektorpotential, el. und magn. Elementardipole • Simulation von Feldverteilungen • Grundlagen der Energieumwandlung bei elektrischen Maschinen					
5	**Lernziele / Kompetenzen** • Berechnung von elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen • Entwicklung und Planung von Simulationen elektromagnetischer Einrichtungen und Anwendungen • Verständnis für Eigenschaften und Anwendungen elektromagnetischer Wellen und die Fähigkeit, damit Lösungen für konkrete Aufgabenstellungen hervorzubringen • Verständnis für Eigenschaften und Anwendungen von Schallwellen • Fähigkeit, Wellenfelder mit Beugungseffekten und nichtlinearen Differentialgleichungen rechnerisch zu beschreiben sowie die Ergebnisse zu formulieren und zu analysieren.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der höheren Mathematik, insbes. Vektoranalysis • Kenntnisse der Experimentalphysik im Umfang der Module Physik 1 bis Physik 3 (aus B-AMP) • COMSOL-Simulation und/oder Python-Programmierkenntnisse					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Semesterarbeit: Analytische Betrachtung und Simulation zu einem mit den Dozenten abgestimmten Thema aus dem Umfeld der Lehrveranstaltung. Mündliche Prüfung (20-45 Minuten). Präsentation der Semesterarbeit mit Diskussion; Befragung zu ausgewählten Themen der Lehrveranstaltung					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** • Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie für Ingenieure und Physiker, Kap. 1, 2, 7 • Peter Schmüser, Theoretische Physik für Studierende des Lehramts 2 - Elektrodynamik und Spezielle Relativitätstheorie, Kap. 1-5 (auch als E-Book) • Wolfgang Nolting, Theoretische Physik 3, Elektrodynamik (als E-Book verfügbar), Springer-Vlg. • David J. Griffith, Elektrodynamik: eine Einführung					

Modul 6: Vielteilchenphysik und statistische Physik						
Kürzel M6	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** WiSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Manfred Kottcke, Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung** Vielteilchenphysik und statistische Physik	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 3 SU, 1 Ü
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** **1. Molekülphysik** 1.1. Bindungsarten 1.2. Wasserstoffmolekülion $H_2^{+¿¿}$ 1.3. Wasserstoffmolekül H_2 1.4. Vielatommoleküle und Hybridisierung 1.5. Rotations-Schwingungszustände **2. Festkörperphysik** 2.1. Modell freier Elektronen 2.2. Elektronenbewegung in einer periodischen Struktur 2.3. Magnetismus **3. Grundlagen der Statistik** 3.1. Maxwell-Boltzmann-Verteilung 3.2. Thermisches Gleichgewicht 3.3. Fermi-Dirac-Verteilung 3.4. Elektronengas 3.5. Bose-Einstein-Statistik **4. Simulationsverfahren in der Statistik** 4.1. Monte-Carlo-Methoden 4.2. Das eindimensionale Ising-Modell 4.3. Numerische Beispiele						
5	**Lernziele / Kompetenzen** • Kenntnis der Grundkonzepte der Molekülphysik und die Fähigkeit, diese zu bewerten und zu strukturieren. • Kenntnis von Vielteilchenkonzepten in der Festkörperphysik • Kompetenz zur Beschreibung und Bewertung von Vielteilchensystemen mit den Mitteln der statistischen Physik • Fähigkeit diese Konzepte zu in Simulationen einzusetzen und weiterzuentwickeln					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der Physikmodule des Bachelorstudiengangs AMP oder BTM bzw. einschlägiger vergleichbarer Bachelorstudiengänge, insbesondere in den Themengebieten Mechanik, Thermodynamik und Quantenmechanik • Sicherer Umgang mit der Programmiersprache MATLAB®					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					

9	**Literaturhinweise** • H. Haken, H. C. Wolf, „Atom- und Quantenphysik“, Springer • D. J. Griffiths, „Quantenmechanik“, Pearson • J. Pade, „Quantenmechanik zu Fuß, Band 1 und 2“, Springer Spektrum • H. Ibach, H. Lüth, „Festkörperphysik“, Springer-Verlag • S. Hunklinger, „Festkörperphysik“, Oldenbourg-Verlag • G. Lindström, R. Langkau, W. Scobel, „Physik kompakt 3“, Springer • W. Grimus, „Statistische Physik und Thermodynamik“, de Gruyter

Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I						
Kürzel M7	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung** Technisches Wahlpflichtfach	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** SU, Ü, S, Pr
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Das jeweils aktuelle Angebot und die Inhalte werden kurz vor bzw. zu Semesterbeginn im Rahmen der Anmeldung zu den Technischen Wahlpflichtfächern bekannt gegeben.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Die Lernziele und Kompetenzen der Technischen Wahlpflichtfächer sind die Analyse von Problemstellungen in Anwendungsbereichen der Mathematik und/oder Physik sowie im Erwerb von Methoden zur Lösung dieser Problemstellungen. Weitere Informationen finden sich in den jeweiligen Fachbeschreibungen.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Lehrveranstaltung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Mündliche Prüfung (20-45 Min.) oder schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder Seminarleistung. Eine Seminarleistung besteht aus einem Referat (10-70 Min.) und einer Studienarbeit. Eine Studienarbeit besteht aus einer schriftlichen Ausarbeitung oder einer praktischen Leistung. Praktische Leistungen sind z. B. die Bearbeitung von Aufgaben in einem Praktikum oder die Realisierung einer Software- oder Medienanwendung oder von Teilen einer solchen Anwendung. Der Umfang einer Seminarleistung ist analog zum Umfang eines Referats (45 Min.) mit zugehöriger schriftlicher Ausarbeitung (20 Seiten) zu begrenzen.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.					

Modul 8: Projektarbeit I						
Kürzel M8	**Workload** 300 h	**Credits** 10 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 8 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit I	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 8	**Präsenzzeit** 120 h	**Selbststudium** 180 h	**Lehrform** Pro
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** In der Projektarbeit arbeiten Studierende in Einer- oder Zweiergruppen selbständig an einer Problemstellung aus der Mathematik, Informatik oder Physik. Dieses Modul folgt in besonderer Weise dem Leitbild des „Forschenden Lernens“, bei dem Lehrinhalte durch anwendungsbezogene Forschung vermittelt werden. Die Form der Projektarbeit ist vielgestaltig: Die Möglichkeiten reichen vom experimentellen Forschen im Labor über den Einsatz rechnergestützter Verfahren zur Simulation von Anwendungsproblemen oder bei der Erstellung von Programmen bis zur Literaturarbeit, bei der beispielsweise mathematische Gesetzmäßigkeiten analysiert und u.U. auch implementiert werden. Neben der weiteren fachlichen Vertiefung sammeln die Studierenden Projekterfahrung und verbessern ihre Fähigkeit zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten. Ein weiteres Ziel besteht darin, Studierende auf ihre Masterarbeit vorzubereiten. Neben einer Präsentation ist auch eine schriftliche Ausarbeitung vorgesehen (Richtwert 10-20 Seiten).					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Ein wesentliches Lernziel ist die Projektkommunikation bzw. die Präsentation wissenschaftlicher Themenstellungen. Die Möglichkeit, Aufgaben in Kleingruppen zu bearbeiten unterstützt das Lernziel „Aufgabenverteilung und Problemlösung im Team“. Je nach Themengebiet und Aufgabenstellung entwickeln die Studierenden neue Ergebnisse, strukturieren diese und leiten aus ihnen Gesetzmäßigkeiten ab. Bei primär experimentellen Themenstellungen werden neue Szenarien gestaltet, entwickelt und überprüft. Bei Literaturarbeiten werden die Inhalte gesammelt und erklärt, eigenständig Schlussfolgerungen abgeleitet und/oder Anwendungsbeispiele entwickelt. Über sie wird abschließend berichtet.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.					

Modul 9: Projektarbeit II						
Kürzel M9	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit II		**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** Pro
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Siehe Modul 8 (Projektarbeit I) Die Projektarbeit dieses Moduls (Projektarbeit II) ist in Verbindung mit Modul 10, falls hierfür Projektarbeit III gewählt wird, in inhaltlicher Hinsicht zu einer Projektarbeit zusammenzufassen.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Siehe Modul 8 (Projektarbeit I)					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.					

Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II						
Kürzel M10	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtfach	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** Pro oder SU, Ü, S, Pr
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Projektarbeit III • siehe Modul 9 • nur in Verbindung mit Modul 9 möglich! Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7 Das Technische Wahlpflichtfach aus diesem Modul muss thematisch mit der Projektarbeit II (M9) verknüpft und mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer der Projektarbeit II abgesprochen sein.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Projektarbeit III • siehe Modul 9 Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung bei einer Projektarbeit bzw. dem gewählten Technischen Wahlpflichtfach					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Projektarbeit III • siehe Modul 9 Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** (Wahl-)Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit bzw. des Technischen Wahlpflichtfaches gegeben.					

Modul 11: Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul						
Kürzel M11	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 - 2 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Bruno Hauer					
2	**Lehrveranstaltung/en** Allgemeinwissenschaftliche/s Wahlpflichtfach bzw. -fächer	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4 bzw. 2 x 2	**Präsenzzeit** 60 h bzw. 2 x 30 h	**Selbststudium** 60 h bzw. 2 x 30 h	**Lehrform** SU, Ü, S, Pr
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Die Studierenden wählen aus dem Katalog der für den Studiengang M-AMP zugelassenen Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfächer Lehrveranstaltungen aus. Die Lehrinhalte der wählbaren Fächer sind den jeweiligen Fachbeschreibungen zu entnehmen.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Die Studierenden erweitern durch die allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfächer ihre Kompetenzen in einem oder mehreren der folgenden Kompetenzfelder: • Schlüsselkompetenzen, durch die sie ihre Persönlichkeit weiterentwickeln, • Fachliche Kompetenzen in Fächern außerhalb des engeren Fachgebiets des Studiengangs, durch die sie Einblicke in andere Themenfelder gewinnen und ihr Profil über das engere Fachgebet hinaus entsprechend ihrer persönlichen Neigung ausbilden, • Orientierungskompetenzen, durch die sie interdisziplinäre Zusammenhänge erkennen und die eigenen Kenntnisse und Erfahrungen in einen größeren Zusammenhang stellen. Die konkreten Lernziele der wählbaren Fächer sind den jeweiligen Fachbeschreibungen zu entnehmen.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Im Allgemeinen sind keine besonderen Voraussetzungen zu erfüllen. Bei einzelnen Fächern, und hierbei insbesondere bei aufeinander aufbauenden Kursen, können aber Voraussetzungen bzw. Vorkenntnisse erwartet werden, die in den jeweiligen Fachbeschreibungen aufgeführt sind.					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Die Prüfungsleistungen der einzelnen wählbaren Fächer sind den jeweiligen Fachbeschreibungen zu entnehmen.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Die Literaturhinweise sind den Fachbeschreibungen der einzelnen Fächer zu entnehmen.					

Modul 12: Masterarbeit						
Kürzel M12	**Workload** 900 h	**Credits** 30 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 2 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung**	**Semester**	**SWS**	**Präsenzzeit**	**Selbststudium**	**Lehrform**
	Masterarbeit	3	-	-	840 h	-
	Masterseminar	3	2	30 h	30 h	2 S
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
4	**Inhalte** Selbständige, wissenschaftliche Arbeit, z.B. Lösung wissenschaftlicher Aufgaben aus dem Bereich angewandte Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften, in der mathematische und/oder physikalische Methoden zum Einsatz kommen.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** In der Masterarbeit soll der / die Studierende die Fähigkeit nachweisen, die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten in einer selbständigen, wissenschaftlichen Arbeit auf komplexe Aufgabenstellungen anzuwenden. Weitere Lernziele bzw. Lernergebnisse sind (je nach Thema): • Fähigkeit zur Analyse und Lösungsfindung • Fähigkeit zur Anwendung wissenschaftlich fundierter Methoden • Fähigkeit zur vertieften Durchführung von Recherchen • Fähigkeit zur Auswahl und Anwendung passender Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden • Fähigkeit zur Wissensvertiefung • Erkennen der Tragweite der wissenschaftlichen bzw. beruflichen Tätigkeit • Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Arbeitsergebnissen • Förderung sozialer Kompetenzen (z.B. Kommunikation, Teamarbeit)					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Die Masterarbeit kann nur beginnen, wer mindestens 30 Leistungspunkte erreicht hat (gemäß § 11 Abs. 3 SPO). Die Themen werden von den im Studiengang lehrenden Professorinnen und Professoren ausgegeben. Die (hochschulübergreifende) Prüfungskommission bestätigt dies oder benennt das Thema und den Betreuer / die Betreuerin in besonderen Fällen.					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Zwischenbericht, Abschlusspräsentation von 15, maximal 30 Minuten Dauer zzgl. Diskussion, Befragung. Art, Umfang und inhaltliche Gestaltung erfolgen in enger Absprache mit den Betreuern. Die Studienleistung ist ohne Benotung, aber bestehenserheblich für die Masterprüfung.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Fachliteratur / Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum jeweiligen Masterarbeitsthema					

Maschinelles Lernen *(Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)*

Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang (SWS)
-	150 h	5	WiSe	1 Semester	4 SWS

1 Verantwortlichkeit

Prof. Dr. Elke Wilczok

2 Lehrveranstaltung	Semester	SWS	Präsenzzeit	Selbststudium	Lehrform
Maschinelles Lernen	1 oder 2	4	60 h	90 h	3 SU, 1 Ü

3 Dozent / Dozentin

Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

4 Inhalte

- Grundlagen des Maschinellen Lernens (ML):
  typische Aufgabenstellungen, Probleme und Grenzen, Kategorisierung der Verfahren
- Elementare Verfahren des ML:
  Perzeptron, k-Nearest-Neighbours, lineare Regression, k-Means, PCA
- Fortgeschrittene Verfahren des ML:
  Entscheidungsbäume, logistische Regression, Support-Vektor-Maschinen, Hidden-Markov-Modelle
- Neuronale Netze:
  Grundbegriffe, „Klassische“ Netze (Hopfield-Netze, mehrlagige Perzeptronen, Netze radialer Basisfunktionen, Kohonen-Netze),
  “Deep-Learning”-Ansätze (Faltungsnetze / CNN, Autoencoder, Restricted-Boltzmann-Maschinen, rekurrente Netze)
  Training: Gradientenverfahren, Backpropagation, automatische Differentiation
- Grundlagen der Schätztheorie:
  Maximum Likelihood- und Bayes-Schätzer
- Bewertung von Klassifikationsverfahren:
  Kreuzvalidierung, Bootstrapping, ROC-Kurven, Tests
- Graphische Modelle:
  Bayes- und Markov-Netze, Energie-basierte Ansätze
- Sampling: Importance-, Rejection-, Metropolis-Hastings- und Gibbs-Sampling
- Regularisierung (diverse Strategien zur Vermeidung von Überadaption)
- ML-Software-Bibliotheken (Python, Matlab)

5 Lernziele / Kompetenzen

Teilnehmer dieses Kurses

- kennen die wichtigsten Begriffe aus dem Umfeld des ML
- verstehen die Funktionsweise der wichtigsten Algorithmen des ML
- kennen ihre Zusammenhänge und den jeweiligen mathematischen Hintergrund
- sind sich typischer Probleme, Risiken und Fehlerquellen bewusst
- wählen für gegebene Aufgabe die passenden ML-Algorithmen
- lösen ML-Probleme unter Verwendung von Software-Bibliotheken

6 Voraussetzungen / Vorkenntnisse

- Lineare Algebra
- Analysis 1+2, Angewandte Analysis
- Stochastik

7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Mündliche Prüfung über 30 Minuten
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik
9	**Literaturhinweise** • E. Alpaydin, Maschinelles Lernen • Ch. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning • R. Duda, P. Hart, D. Stork, Pattern Classification • I. Goodfellow, Y. Bengio, A Courville, Deep Learning • N. Ketkar, Deep Learning with Python • K. Murphy, Machine Learning • S. Pattanayak, Pro Deep Learning with TensorFlow

Atom- und Quantenphysik II (Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)

Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang
	150 h	5 ECTS	SoSe (2-jährig)	1 Semester	4 SWS

1 Modulverantwortlichkeit

Prof. Dr. Bernd Braun

2 Lehrveranstaltung	Semester	SWS	Präsenzzeit	Selbststudium	Lehrform
Atom- und Quantenphysik II	1 oder 2	4	60 h	90 h	3 SU, 1 Ü

3 Dozent / Dozentin

Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

4 Inhalte

1. Darstellungsarten der Quantenmechanik
   - 1.1. Wellenmechanik im Ortsraum
   - 1.2. Matrizenmechanik
   - 1.3. Wellenmechanik im Impulsraum
   - 1.4. Dirac-Notation
2. Ehrenfestsches Theorem
3. Addition von Drehimpulsen
   - 3.1. Addition von zwei Spins mit $s = ½$
   - 3.2. Addition von Bahndrehimpuls und Spin
   - 3.3. Allgemeine Addition von zwei Drehimpulsen
4. Zeitunabhängige Störungsrechnung
   - 4.1. Formalismus für nicht entartete Energieniveaus
   - 4.2. Stark-Effekt; Störungstheorie mit Entartung
   - 4.3. Zeeman-Effekt
5. Heliumatom
6. Zeitabhängige Störungsrechnung
   - 6.1. Formalismus für zeitabhängige Störungen
   - 6.2. Strahlungsübergänge
   - 6.3. Fermis goldene Regel
   - 6.4. Kernspintomographie
7. Dichteoperator
8. Verschränkte Zustände

5 Lernziele / Kompetenzen

- Die Studierenden verstehen fortgeschrittene Prinzipien der Quantenphysik
- Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, praktische quantenmechanische Berechnungen auszuführen.
- Die Studierenden verstehen moderne quantenphysikalische Technologien

6 Voraussetzungen / Vorkenntnisse

- Grundvorlesung in Quantenmechanik
- Erfahrung im Umgang mit Python

7 Studien- / Prüfungsleistungen

Mündliche Prüfung über 30 Minuten oder mehrere schriftliche Hausaufgaben (drei bis fünf) im Verlauf des Semesters

8 Modultyp / Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik

9 Literaturhinweise

	• F. Kuypers, „Quantentheorie“, Wiley VCH • D. J. Griffiths, „Quantenmechanik“, Pearson • J. Pade, „Quantenmechanik zu Fuß, Band 1 und 2“, Springer Spektrum • G. Münster, „Quantentheorie“, De Gruyter • S. Gasiorowicz, „Quantenphysik“, Oldenbourg Verlag

Modulhandbuch (THWS)

Beschreibung der Module des kooperativen Masterstudiengangs Angewandte Mathematik und Physik (M-AMP) an der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Dieses Modulhandbuch tritt mit Wirkung zum Beginn des Wintersemesters 2024/25 in Kraft.

Modul 1: Computational Mathematics						
Kürzel M1	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** SoSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Kai Diethelm					
2	**Lehrveranstaltung** Approximationsmethoden für reelle Funktionen	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60h	**Selbststudium** 90h	**Lehrform** 4 SU / Ü
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Fakultät der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt Lehrveranstaltungsort: Schweinfurt; zusätzlich Live-Übertragung via Zoom					
4	**Inhalte** • Allgemeine analytische und algebraische Grundlagen und Hintergründe numerischer Verfahren • für praktische Anwendungen wesentliche konkrete Algorithmen und ihre Eigenschaften • Fehler- und Stabilitätsanalyse der Algorithmen • Implementierung der Algorithmen unter Berücksichtigung numerischer und softwaretechnischer Aspekte • Praktische Übungen mit MATLAB oder Octave					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Die Studierenden gewinnen einen Überblick über ein aktuelles anwendungsbezogenes Gebiet der rechnerorientierten Mathematik. Sie lernen die wichtigsten numerischen Verfahren zur Behandlung von Aufgaben aus diesem Themenkreis kennen und sind in der Lage, deren jeweilige Stärken und Schwächen, Möglichkeiten und Grenzen zu benennen. Sie lernen Anwendungsfälle kennen und wissen, welche Methoden in welcher Situation sinnvoll eingesetzt werden können. Sie können die Verfahren in MATLAB implementieren und nutzen. Die Studierenden können die Ergebnisse der Algorithmen kritisch hinterfragen, deren Güte beurteilen und die Anwendungsbereiche der verschiedenen Verfahren richtig einschätzen.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der höheren Mathematik im Umfang der in einem mathematischen Bachelorstudiengang üblichen Grundvorlesungen Analysis I und II, Lineare Algebra I und II sowie Numerik • Grundkenntnisse im Umgang mit einer gängigen mathematischen Programmiersprache wie z. B. MATLAB					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Mündliche Prüfung über ca. 30 Minuten (Modulprüfung)					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.					

Modul 4.2: Simulation physikalischer Systeme I: Halbleiterphysik						
Kürzel M4.2	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** SoSe	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Jochen Seufert					
2	**Lehrveranstaltung/en** Halbleiterphysik	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** 4 SU
3	**Dozent / Dozentin** Dozent / Dozentin der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt Lehrveranstaltungsort: Schweinfurt					
4	**Inhalte** Das Modul greift die Vorkenntnisse der Studierenden in den Bereichen Quantenmechanik, Elektrodynamik, Wellenlehre und Festkörperphysik auf und wendet diese in vertiefter Form auf die Beschreibung von Ladungsträgerprozessen in Halbleitern an. Dabei liegt der Fokus neben der detaillierten Berechnung und Simulation der elektronischen Eigenschaften grundlegender Halbleiterbauelemente auch auf einer anwendungsnahen Einführung in die Halbleiter-Planartechnologie. Lehrinhalte: • Kurzwiederholung: Einführung in die Quantenphysik Schrödingergleichung, Wellenfunktion, Elektron im Potentialtopf • Grundlagen des Aufbaus von Festkörpern Bindungsarten, Kristallgitter, Kristallstrukturanalyse, reziprokes Gitter • Ladungsträger in intrinsischen Halbleitern Stromleitung in Halbleitern, Bändermodell, Kronig-Penney-Modell, Fermi-Verteilung, Zustands- und Ladungsträgerdichte, Stromleitung in Halbleitern • Dotierte Halbleiter pn-Übergang, Poissongleichung und Potentialverlauf in der Sperrschicht, Diffusionsspannung, Simulation eines pn-Übergangs mit COMSOL® • Halbleitereffekte und Halbleiterbauteile Magnetotransport, Hall-Effekt, Diode, Transistor, Halbleiterlaser • Halbleitertechnologie Kristallzüchtung, Schichtabscheidung, Lithographie, Ätzverfahren					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Nach Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden Konzepte zur Beschreibung von Halbleitern sowie von Ladungsträgern in Halbleitern zu erläutern, zu begründen und darzustellen. Dazu gehört der physikalische Aufbau unterschiedlicher Halbleiterkristalle genauso wie die Modelle zur Beschreibung der Ladungsträgerverteilung und -bewegung im periodischen Kristallgitterpotential, wie z.B. das Bändermodell. Die Studierenden können Potentialverläufe in dotierten Halbleiterschichten modellieren, simulieren und bewerten und damit die elektrischen/optischen Eigenschaften konkreter realer (opto)elektronischer Halbleiterbauelemente berechnen sowie die Ergebnisse beurteilen. Außerdem kennen die Studierenden nach erfolgreichem Abschluss des Moduls die aktuellen Fertigungstechnologien der modernen industriellen Halbleiterprozessierung und können diese erklären und darüber berichten.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** • Kenntnisse der Physikmodule des Bachelorstudiengangs AMP oder BTM/BAMD bzw. einschlägiger vergleichbarer Bachelorstudiengänge, insbesondere in den Themengebieten Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik • Grundkenntnisse im Umgang mit der Simulationssoftware COMSOL® • Ausgeprägte Erfahrung in der Programmiersprache MATLAB®					

7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik
9	**Literaturhinweise** • Rolf Sauer, Halbleiterphysik, De Gruyter Oldenbourg-Verlag, 2009, ISBN 978-3-486-58863-7 • Frank Thuselt, Physik der Halbleiterbauelemente, Springer-Verlag, 2011, ISBN 978-3-642-20032-8 • Charles Kittel, Festkörperphysik, De Gruyter Oldenbourg-Verlag, 2013, ISBN 978-3-486-59755-4 • Ellen Ivers-Tiffée, Werkstoffe der Elektrotechnik, Springer-Verlag, 2006, ISBN: 978-3-322-96802-9 • Ulrich Stein, Programmieren mit MATLAB, Hanser-Verlag, 2017, ISBN: 978-3-446-41009-1

Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I						
Kürzel M7	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung** Technisches Wahlpflichtfach	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** SU, Ü, S, Pr
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
4	**Inhalte** Das jeweils aktuelle Angebot und die Inhalte werden kurz vor bzw. zu Semesterbeginn im Rahmen der Anmeldung zu den Technischen Wahlpflichtfächern bekannt gegeben.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Die Lernziele und Kompetenzen der Technischen Wahlpflichtfächer sind die Analyse von Problemstellungen in Anwendungsbereichen der Mathematik und / oder Physik sowie im Erwerb von Methoden zur Lösung dieser Problemstellungen. Weitere Informationen finden sich in den jeweiligen Fachbeschreibungen.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Lehrveranstaltung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Mündliche Prüfung (20-45 Min.) oder schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder Seminarleistung. Eine Seminarleistung besteht aus einem Referat (10-70 Min.) und einer Studienarbeit. Eine Studienarbeit besteht aus einer schriftlichen Ausarbeitung oder einer praktischen Leistung. Praktische Leistungen sind z. B. die Bearbeitung von Aufgaben in einem Praktikum oder die Realisierung einer Software- oder Medienanwendung oder von Teilen einer solchen Anwendung. Der Umfang einer Seminarleistung ist analog zum Umfang eines Referats (45 Min.) mit zugehöriger schriftlicher Ausarbeitung (20 Seiten) zu begrenzen.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.					

Modul 8: Projektarbeit I						
Kürzel M8	**Workload** 300 h	**Credits** 10 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 8 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit I		**Semester** 1 oder 2	**SWS** 8	**Präsenzzeit** 120 h	**Selbststudium** 180 h	**Lehrform** Pro
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
4	**Inhalte** In der Projektarbeit arbeiten Studierende in Einer- oder Zweiergruppen selbständig an einer Problemstellung aus der Mathematik, Informatik oder Physik. Dieses Modul folgt in besonderer Weise dem Leitbild des „Forschenden Lernens“, bei dem Lehrinhalte durch anwendungsbezogene Forschung vermittelt werden. Die Form der Projektarbeit ist vielgestaltig: Die Möglichkeiten reichen vom experimentellen Forschen im Labor über den Einsatz rechnergestützter Verfahren zur Simulation von Anwendungsproblemen oder bei der Erstellung von Programmen bis zur Literaturarbeit, bei der beispielsweise mathematische Gesetzmäßigkeiten analysiert und u.U. auch implementiert werden. Neben der weiteren fachlichen Vertiefung sammeln die Studierenden Projekterfahrung und verbessern ihre Fähigkeit zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten. Ein weiteres Ziel besteht darin, Studierende auf ihre Masterarbeit vorzubereiten. Neben einer Präsentation ist auch eine schriftliche Ausarbeitung vorgesehen (Richtwert 10-20 Seiten).					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Ein wesentliches Lernziel ist die Projektkommunikation bzw. die Präsentation wissenschaftlicher Themenstellungen. Die Möglichkeit, Aufgaben in Kleingruppen zu bearbeiten unterstützt das Lernziel „Aufgabenverteilung und Problemlösung im Team“. Je nach Themengebiet und Aufgabenstellung entwickeln die Studierenden neue Ergebnisse, strukturieren diese und leiten aus ihnen Gesetzmäßigkeiten ab. Bei primär experimentellen Themenstellungen werden neue Szenarien gestaltet, entwickelt und überprüft. Bei Literaturarbeiten werden die Inhalte gesammelt und erklärt, eigenständig Schlussfolgerungen abgeleitet und/oder Anwendungsbeispiele entwickelt. Über sie wird abschließend berichtet.					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.					

Modul 9: Projektarbeit II						
Kürzel M9	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit II		**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** Pro
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
4	**Inhalte** Siehe Modul 8 (Projektarbeit I) Die Projektarbeit dieses Moduls (Projektarbeit II) ist in Verbindung mit Modul 10, falls hierfür Projektarbeit III gewählt wird, in inhaltlicher Hinsicht zu einer Projektarbeit zusammenzufassen.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Siehe Modul 8 (Projektarbeit I)					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.					

Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II						
Kürzel M10	**Workload** 150 h	**Credits** 5 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 4 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung** Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtfach	**Semester** 1 oder 2	**SWS** 4	**Präsenzzeit** 60 h	**Selbststudium** 90 h	**Lehrform** Pro oder SU, Ü, S, Pr
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen und Dozenten der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
4	**Inhalte** Projektarbeit III • siehe Modul 9 • nur in Verbindung mit Modul 9 möglich! Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7 Das Technische Wahlpflichtfach aus diesem Modul muss thematisch mit der Projektarbeit II (M9) verknüpft und mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer der Projektarbeit II abgesprochen sein.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** Projektarbeit III • siehe Modul 9 Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Abhängig von der jeweiligen Themenstellung bei einer Projektarbeit bzw. dem gewählten Technischen Wahlpflichtfach					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Projektarbeit III • siehe Modul 9 Technisches Wahlpflichtmodul II • siehe Modul 7					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** (Wahl-)Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit bzw. des Technischen Wahlpflichtfaches gegeben.					

Modul 12: Masterarbeit						
Kürzel M12	**Workload** 900 h	**Credits** 30 ECTS	**Häufigkeit** Jedes Semester	**Moduldauer** 1 Semester	**Umfang** 2 SWS	
1	**Modulverantwortlichkeit** Prof. Dr. Bernd Braun					
2	**Lehrveranstaltung**	**Semester**	**SWS**	**Präsenzzeit**	**Selbststudium**	**Lehrform**
	Masterarbeit	3	-	-	840 h	-
	Masterseminar	3	2	30 h	30 h	2 S
3	**Dozent / Dozentin** Dozentinnen u. Dozenten der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt (Erstbegutachtung)					
4	**Inhalte** Selbständige, wissenschaftliche Arbeit, z.B. Lösung wissenschaftlicher Aufgaben aus dem Bereich angewandte Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften, in der mathematische und/oder physikalische Methoden zum Einsatz kommen.					
5	**Lernziele / Kompetenzen** In der Masterarbeit soll der / die Studierende die Fähigkeit nachweisen, die im Studium erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten in einer selbständigen, wissenschaftlichen Arbeit auf komplexe Aufgabenstellungen anzuwenden. Weitere Lernziele bzw. Lernergebnisse sind (je nach Thema): • Fähigkeit zur Analyse und Lösungsfindung • Fähigkeit zur Anwendung wissenschaftlich fundierter Methoden • Fähigkeit zur vertieften Durchführung von Recherchen • Fähigkeit zur Auswahl und Anwendung passender Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden • Fähigkeit zur Wissensvertiefung • Erkennen der Tragweite der wissenschaftlichen bzw. beruflichen Tätigkeit • Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Arbeitsergebnissen • Förderung sozialer Kompetenzen (z.B. Kommunikation, Teamarbeit)					
6	**Voraussetzungen / Vorkenntnisse** Die Masterarbeit kann nur beginnen, wer mindestens 30 Leistungspunkte erreicht hat (gemäß § 11 Abs. 3 SPO). Die Themen werden von den im Studiengang lehrenden Professorinnen und Professoren ausgegeben. Die (hochschulübergreifende) Prüfungskommission bestätigt dies oder benennt das Thema und den Betreuer / die Betreuerin in besonderen Fällen.					
7	**Studien- / Prüfungsleistungen** Zwischenbericht, Abschlusspräsentation von 15, maximal 30 Minuten Dauer zzgl. Diskussion, Befragung. Art, Umfang und inhaltliche Gestaltung erfolgen in enger Absprache mit den Betreuern. Die Studienleistung ist ohne Benotung, aber bestehenserheblich für die Masterprüfung.					
8	**Modultyp / Verwendbarkeit** Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
9	**Literaturhinweise** Fachliteratur / Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum jeweiligen Masterarbeitsthema					

<table>
<tr><td colspan="7">Parallel Programming (Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)</td></tr>
<tr><td>Kürzel
-</td><td>Workload
150 h</td><td>Credits
5 ECTS</td><td>Häufigkeit
SoSe</td><td>Moduldauer
1 Semester</td><td colspan="2">Umfang (SWS)
4 SWS</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="6">Modulverantwortlichkeit
Prof. Dr. Kai Diethelm</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">Lehrveranstaltung
Parallel Programming</td><td>Semester
1 oder 2</td><td>SWS
4</td><td>Präsenzzeit
60 h</td><td>Selbststudium
90 h</td><td>Lehrform
4 SU / Pr</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="6">Dozent / Dozentin
Dozent / Dozentin der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt
Lehrveranstaltungsort: Schweinfurt oder Würzburg; zusätzlich Live-Übertragung via Zoom</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="6">Inhalte
1. Hardwarekonzepte für das Parallele Rechnen
- Multicore-Prozessoren
- Shared-Memory-Systeme
- Distributed-Memory-Systeme
- GPU-Computing
- Caches und Speicherhierarchien
2. Thread basierte Parallelisierung
- Grundprinzipien
- OpenMP
- CUDA
3. Message-Passing-Parallelisierung
- Kommunikation
- MPI
4. Performanceanalyse und -optimierung
- Flaschenhälse und andere typische Herausforderungen
- Profiling
- Event Tracing
- Performanceanalysewerkzeuge</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="6">Lernziele / Kompetenzen
• Die Studierenden verstehen, unter welchen Bedingungen die Parallelisierung von Software zur Verbesserung der Leistung beitragen kann.
• Die Studierenden verstehen die Unterschiede zwischen den aktuellen Hardware-Architekturkonzepten und die Konsequenzen, die sich aus diesen Unterschieden für die Software ergeben.
• Die Studierenden wissen, wie man parallele Programme auf SMP- und DMP-Systemen sowie GPUs schreibt.
• Die Studierenden sind sich darüber bewusst, welche Performanceprobleme beim parallelen Rechnen auftreten können. Sie wissen, wie man Software in dieser Hinsicht analysieren und derartige Probleme beseitigen kann.</td></tr>
<tr><td>6</td><td colspan="6">Voraussetzungen / Vorkenntnisse
• Programmierkenntnisse in C, C++ oder FORTRAN sind zwingend notwendig.
• Erfahrungen im Umgang mit Linux-Rechnern – insbesondere im Hinblick auf die Nutzung einer Shell – sind hilfreich.
Das Modul wird ausschließlich in englischer Sprache angeboten. Daher sind entsprechende Sprachkenntnisse unbedingt erforderlich.</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">Studien- / Prüfungsleistungen
Sonstige Prüfung: Portfolioprüfung</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">Modultyp / Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</td></tr>
</table>

9	**Literaturhinweise** • Thomas Rauber, Gudula Rünger: Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems, 2nd ed. Springer, Heidelberg, 2013 • Timothy G. Mattson, Yun (Helen) He, Alice E. Koniges: The OpenMP Common Core. MIT Press, Cambridge, 2019 • David Kirk, Wen-mei W. Hwu: Programming Massively Parallel Processors – A Hands-on Approach, 3rd ed. Morgan Kaufmann, Waltham, 2016 • William Gropp, Ewing Lusk, Anthony Skjellum: Using MPI, 3rd ed. MIT Press, Cambridge, 2014