

## **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 Sommersemester 2024*

## Studienplan mit Modulhandbuch

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 § 10 der SPO.

Der Studienplan tritt mit Wirkung zum Beginn des Sommersemesters 2024 in Kraft und gilt, entsprechend den Regelungen des § 16 der SPO, für alle Studierenden, die ihr Studium in diesem Studiengang ab dem Sommersemester 2024 beginnen oder bereits vorher begonnen haben.

Das Modulhandbuch tritt mit Wirkung zum Beginn des Sommersemesters 2024 in Kraft.

## Studienplan

Nachfolgend finden sich eine Übersicht der Module des Studiengangs sowie weitere Angaben zu den Ausgewählten Themen der Mathematik, den Technischen Wahlpflichtmodulen und dem Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtmodul.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lfd. Nr.	Modul	Studiensemester	ECTS-LP	SWS	Art der LV	Sprache	Endnotenbildende Prüfungen Art u. Dauer in Min.	Bem.
1	Ausgewählte Themen der Mathematik I	1.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>1) 4)</sup>
2	Ausgewählte Themen der Mathematik II	1.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>1) 4)</sup>
3	Ausgewählte Themen der Mathematik III	2.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>1) 4)</sup>
4	Simulation physikalischer Systeme I 4.1 Kontinuumsmechanik und Wärmetransportphänomene an der TH Nbg. <u>oder</u> 4.2 Halbleiterphysik an der THWS	1.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>4)</sup>
5	Simulation physikalischer Systeme II (Elektromagnetische Felder)	2.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>4)</sup>
6	Vielteilchensysteme und statistische Physik	2.	5	4	SU, Ü, S	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>4)</sup>
7	Technisches Wahlpflichtmodul I <sup>8)</sup>	1.	5	4	SU, Ü, S, Pr	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>2) 3) 4)</sup>
8	Projektarbeit I	1.	10	8		deutsch <sup>2)</sup>	Pro	<sup>7)</sup>
9	Projektarbeit II	2.	5	4		deutsch <sup>2)</sup>	Pro	<sup>6) 7)</sup>
10	Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II <sup>8)</sup>	2.	5	4	SU, Ü, S, Pr	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>3) 4) 5) 6)</sup>
11	Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul <sup>8)</sup>	2.	5	4	SU, Ü, S, Pr	deutsch <sup>2)</sup>	<sup>9)</sup>	<sup>3) 4)</sup>
12	Masterarbeit	3.	30					
	12.1 Masterarbeit		(28)			deutsch <sup>2)</sup>	MA	§ 11 Abs. 3
	12.2 Masterseminar		(2)	2	S	deutsch <sup>2)</sup>	Koll. mE/oE	§ 11 Abs. 7, 8
<b>Gesamtsumme</b>			<b>90</b>	<b>50</b>				

- 1) Die drei Lehrveranstaltungen Mathematik (mit je 4 SWS) beinhalten die Themengebiete *Höhere Analysis*, *Weiterführende Stochastik* und *Numerische und Algorithmische Mathematik*. Jede/r Studierende muss mindesten drei unterschiedliche Vorlesungen aus zwei verschiedenen Themengebieten belegen. Im Wechsel und nach Absprache der Lehrpersonen untereinander werden in diesen drei Themengebieten folgende Lehrveranstaltungen angeboten:

**Themengebiet Höhere Analysis**

Dynamische Systeme, Integraltransformationen und spezielle Funktionen, sowie weiterführende und anwendungsbezogene Veranstaltungen zur klassischen reellen und komplexen Analysis

**Themengebiet Weiterführende Stochastik**

Weiterführende Veranstaltungen zur Wahrscheinlichkeitstheorie, Stochastische Prozesse und Anwendungen der Stochastik

**Themengebiet Numerische und Algorithmische Mathematik**

Veranstaltungen zu Anwendungen aus diesen Gebieten, sowie zu Optimierungsverfahren oder interdisziplinären Themen wie Robotik, Algorithmische Logik oder Computer Vision

- 2) Nach Angabe im Studienplan kann die Prüfung fakultativ in englischer Sprache abgelegt werden.
- 3) Die Technischen Wahlpflichtmodule I und II und das Allgemeinwissenschaftliche Wahlpflichtmodul im Umfang von jeweils 5 ECTS-Leistungspunkten sind aus dem Katalog in der Anlage zum Studienplan bzw. gemäß der Festlegung der anbietenden Hochschule zu wählen.
- 4) Die tatsächliche Art der Lehrveranstaltung ergibt sich aus der Liste der zugelassenen Wahlpflichtmodule bzw. aus der Festlegung der anbietenden Hochschule. Die Festlegung der Prüfung erfolgt im Studienplan und wird jeweils zu Beginn des Semesters bekannt gegeben. **Es ist jeweils nur eine der in Spalte 8 genannten Prüfungen abzulegen.**
- 5) Anstelle der Projektarbeit III kann alternativ das Technische Wahlpflichtmodul II gewählt werden.
- 6) Modul 9 und 10 müssen inhaltlich verknüpft und mit der Betreuerin / dem Betreuer der Projektarbeit von Modul 9 abgesprochen sein.
- 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-ler- nend 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.
- 8) Qualifikationsziele der technischen Wahlpflichtfächer sind die Analyse von Problemstellungen in Anwendungsbereichen der Mathematik und/oder Physik und im Erwerb von Methoden zur Lösung dieser Problemstellungen. Qualifikationsziel des allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfachs ist die Erweiterung der fachübergreifenden, sprachlichen und 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 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.

In begründeten Ausnahmefällen kann in einer Modulprüfung eine mündliche Befragung (15-20 Min.) oder eine schriftliche Befragung (60-90 Min.) mit einem Referat oder einer Studienarbeit kombiniert werden. Der Gesamtumfang der Modulprüfung ist in diesem Fall analog zum Umfang eines Referats (45 Min.) mit zugehöriger schriftlicher Ausarbeitung (20 Seiten) zu begrenzen. Der Studierende kann seine Wahl in den Modulgruppen 2) - 4) so treffen, dass diese Prüfungsart nur Module im Umfang von höchstens 20 der 60 neben der Masterarbeit zu erbringenden Leistungspunkte betrifft.

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

### Abkürzungen

ECTS-LP	ECTS-Leistungspunkte	Ref	Referat
Koll.	Kolloquium	S	Seminar
LV	Lehrveranstaltung	schrP	schriftliche Prüfung
MA	Masterarbeit	StA	Studienarbeit
mE/oE	mit Erfolg/ohne Erfolg	SU	seminaristischer Unterricht
mündlP	mündliche Prüfung	SWS	Semesterwochenstunde/n
Pr	Praktikum	Ü	Übung
Pro	Projektarbeit		

### Übersicht der Module nach Semestern

Semester	1		2		3	
	ECTS	SWS	ECTS	SWS	ECTS	SWS
Modul 1: Ausgewählte Themen der Mathematik I	5	4				
Modul 2: Ausgewählte Themen der Mathematik II	5	4				
Modul 3: Ausgewählte Themen der Mathematik III			5	4		
Modul 4: Simulation physikalischer Systeme I	5	4				
Modul 5: Simulation physikalischer Systeme II (Elektromagnetische Felder)			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 <u>oder</u> Techn. Wahlpflichtmodul II			5	4		
Modul 11: Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul			5	4		
Modul 12: Masterarbeit (inkl. Masterseminar)					30	2
Gesamtsumme	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 beigelegt 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.

### **Fächer aus dem Bereich „Ausgewählte Themen der Mathematik“**

Im Studiengang Angewandte Mathematik und Physik sind entsprechende Lehrveranstaltungen im Rahmen der Module 1, 2 und 3 zu belegen. Informationen zum aktuellen Angebot sind Teil des Modulhandbuchs.

## **Modulhandbuch (THN)**

Nachfolgend findet sich eine 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 Sommersemesters 2024 in Kraft.

<b>Verfahren der Datenverarbeitung (Themengebiet Höhere Analysis)</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Module 1 bis 3: Ausgewählte Themen der Mathematik)						
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang	
-	150 h	5 ECTS	SoSe	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Julia Plaß, Prof. Dr. Elke Wilczok					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Verfahren der Datenverarbeitung	<b>Semester</b> 1 oder 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 3 SU, 1 Ü
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> Die Deterministische Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung: Grundlagen der Fourier-Analysis</li> <li>• Diskrete Fourier-Transformation, FFT</li> <li>• Gefensterte Fourier-Transformation</li> <li>• Kontinuierliche Wavelet-Transformation</li> <li>• Wavelet-Orthonormalbasen, speziell: Wavelets mit kompakten Trägern (Daubechies-Wavelets)</li> <li>• Diskrete Wavelet-Transformation (Mallat-Algorithmus)</li> <li>• Wavelets als Filter</li> <li>• Varianten der Wavelet-Transformation wie Liftings, Pakete, Shearlets</li> <li>• Theoretischer Hintergrund: Basen und Frames</li> <li>• Wavelet-Pakete</li> <li>• Theoretischer Hintergrund: Basen und Frames</li> <li>• Repräsentative Anwendungsbeispiele (Signalanalyse, Datenkompression, Rekonstruktion gestörter Daten, Kanten-Detektion in Bildern, Merkmalsbildung im maschinellen Lernen, ...)</li> </ul> Statistische Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung: Grundlagen der Stochastik</li> <li>• Lineare Regressionsmodelle</li> <li>• Generalisierte lineare Modelle (insbesondere: Logistische Regression, Poisson-Regression und kategoriale Regressionsmodelle)</li> <li>• Nichtparametrische Regression</li> <li>• Entscheidungsbäume</li> <li>• Ensemble-Methoden (Bagging, Random-Forests)</li> <li>• Shrinkage-Verfahren, Overfitting-Problematik</li> </ul>					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b>					

	<p>Teilnehmende dieser Vorlesung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen die wichtigsten Definitionen und Sätze aus dem Kontext von Fourier- und Wavelet-Transformation</li> <li>• beurteilen, welche Transformation für ein gegebenes Anwendungsproblem angemessen ist</li> <li>• berechnen Transformationen für konkrete Beispiele, sowohl analytisch als auch mit Hilfe von Software-Tools</li> <li>• analysieren und interpretieren Transformationsergebnisse</li> <li>• sind sich bewusst, welche Grenzen die verschiedenen Transformationen besitzen und welche Artefakte auftreten können</li> <li>• schätzen den Aufwand für die Berechnung einer Transformation ein und vergleichen die Effizienz verschiedener Algorithmen</li> <li>• sind in der Lage Regressionsmodelle inklusive der entsprechenden Annahmen im Kontext verschiedener Anwendungsfelder aufzustellen und unter Beachtung typischer Herausforderungen (Multikollinearität, Overfitting etc.) zu diskutieren</li> <li>• interpretieren Punkt- und Intervallschätzungen von Regressionsparametern korrekt und besitzen die Fähigkeit, passende Signifikanztests auszuwählen und deren Ergebnis zu interpretieren</li> <li>• interpretieren Entscheidungsbäume und baumbasierte Ensemble-Methoden korrekt und entscheiden angepasst an den Anwendungskontext, welche Methode geeignet ist</li> </ul>
<b>6</b>	<p><b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der höheren Mathematik im Umfang der Vorlesungen Analysis 1+2, Lineare Algebra und Angewandte Analysis</li> <li>• Grundkenntnisse in MATLAB oder Python</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Mündliche Prüfung über 30 Minuten (Modulprüfung)</p>
<b>8</b>	<p><b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<b>9</b>	<p><b>Literaturhinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Addison, The Illustrated Wavelet Transform Handbook</li> <li>• Brigola: Fourier-Analysis und Distributionen</li> <li>• Blatter: Wavelets – eine Einführung</li> <li>• Daubechies: Ten Lectures on Wavelets</li> <li>• Fahrmeir: Regression – Modelle, Methoden und Anwendungen</li> <li>• Fahrmeir: Statistik – Der Weg zur Datenanalyse</li> <li>• James: An Introduction to Statistical Learning</li> <li>• Louis, Maaß, Rieder: Wavelets - Theorie und Anwendungen</li> <li>• Mertins, Signaltheorie</li> <li>• Nievergelt, Wavelets Made Easy</li> <li>• Shah, Tantaray, Wavelet Transforms – Kith and Kin</li> <li>• Strang, Nguyen, Wavelets and Filter Banks</li> <li>• Unpingco, Python for Signal Processing</li> <li>• Walnut, Wavelet Analysis</li> </ul>

<b>Stochastische Prozesse (Themengebiet Weiterführende Stochastik)</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Module 1 bis 3: Ausgewählte Themen der Mathematik)							
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang		
-	150 h	5 ECTS	WiSe	1 Semester	4 SWS		
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Matthias Börger						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Stochastische Prozesse	<b>Semester</b> 1 oder 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 4 SU	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Maßtheorie: Maßproblem, Mengensysteme, Messbare Abbildungen, Maße</li> <li>• Wahrscheinlichkeitstheorie: Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsvariablen, Unabhängigkeit</li> <li>• Bedingte Erwartungen: Definition, Eigenschaften</li> <li>• Markov-Ketten: Übergangswahrscheinlichkeiten, Klassifikation von Zuständen, Grenzverhalten</li> <li>• Poisson-Prozesse: homogene und inhomogene Prozesse, zusammengesetzte Prozesse, doppelt-stochastische Prozesse</li> <li>• Brownsche Bewegung: Standard Brownsche Bewegung und Erweiterungen, Simulationstechniken</li> <li>• Stochastische Integration: Riemann-Stieltjes-Integral, Ito-Integral, Ito's Lemma</li> </ul>						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegendes Verständnis maßtheoretischer Konzepte</li> <li>• Kenntnis der wichtigsten stochastischen Prozesse sowie deren Eigenschaften</li> <li>• 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.</li> </ul>						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse in Analysis, Lineare Algebra sowie Grundlagen der Stochastik</li> </ul>						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robert P. Dobrow: Introduction to Stochastic Processes with R, Wiley</li> <li>• Kurt Jacobs: Stochastic Processes for Physicists, Cambridge</li> <li>• David Meintrup und Stefan Schäffler: Stochastik – Theorie und Anwendungen, Springer</li> </ul>						

<b>Modul 4.1: Simulation physikalischer Systeme I: Kontinuumsmechanik und Wärmetransportphänomene</b>						
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M4.1	150 h	5 ECTS	SoSe	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Michael Mayle, Prof. Dr. Florian Steinmeyer					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Kontinuumsmechanik und Transportphänomene	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 3 SU, 1 Ü
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm Lehrveranstaltungsart: Nürnberg					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>Lineare und nichtlineare Elastizitätstheorie.</li> <li>Fluidodynamik und Beschreibung von turbulenten Prozessen</li> <li>Schallausbreitung in Fluiden und Festkörpern</li> <li>Transportphänomene (Wärmetransport, Diffusion).</li> <li>Simulation gekoppelter physikalischer Systeme.</li> </ul>					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>Theoretisches Verständnis der o.a. Lehrinhalte</li> <li>Fähigkeit diese Lehrinhalte in Form von Computersimulationen abzubilden.</li> <li>Fähigkeit die Validität der Computersimulationen anhand analytischer Modelle zu überprüfen.</li> <li>Auswahl angemessener Visualisierungsmethoden für die Berechnungsergebnisse.</li> </ul>					
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnisse der höheren Mathematik, insbes. Vektoranalysis.</li> <li>Kenntnisse der Experimentalphysik im Umfang der Module Physik 1 bis Physik 3 des Studiengangs B-AMP.</li> <li>Grundkenntnisse der Methode der finiten Elemente.</li> </ul>					

<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Referat (30 min) und Abgabe einer Studienarbeit zum gleichen Thema
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• M. Bartelmann et. al., Theoretische Physik, Berlin, Springer, 2015</li><li>• T. Fließbach, Lehrbuch zur Theoretischen Physik, Mechanik, Heidelberg: Spektrum, 2012</li><li>• C. D. Hansen, C. R. Johnson, The visualization, Burlington MA: Elsevier, 2005</li><li>• Weitere Literaturhinweise werden im Rahmen der Lehrveranstaltung gegeben</li></ul>

<b>Modul 5: Simulation physikalischer Systeme II: Elektromagnetische Felder und Schallfelder</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>		
M5	150 h	5 ECTS	WiSe	1 Semester	4 SWS		
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Thomas Lilienkamp, Prof. Dr. Jan Lohbreier						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Elektromagnetische Felder, Nichtlineare Optik, Schallfelder	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 4 SU / Ü	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> Grundlagen zur Berechnung elektromagnetischer Felder Berechnung und Simulation von Wellenphänomenen Anwendungsbeispiele elektromagnetischer Wellen  Lehrinhalte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Elektrodynamik, Maxwell-Gleichungen, Berechnung der Felder aus Potentialen</li> <li>• Ebene elektromagnetische Wellen im freien Raum und in Materie</li> <li>• Wellenleiter</li> <li>• Simulation von Feldverteilungen</li> <li>• Grundlagen der Energieumwandlung bei elektrischen Maschinen</li> </ul>						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen</li> <li>• Entwicklung und Planung von Simulationen elektromagnetischer Einrichtungen und Anwendungen</li> <li>• Verständnis für Eigenschaften und Anwendungen elektromagnetischer Wellen und die Fähigkeit, damit Lösungen für konkrete Aufgabenstellungen hervorzubringen</li> <li>• Verständnis für Eigenschaften und Anwendungen von Schallwellen</li> <li>• Fähigkeit, Wellenfelder mit Beugungseffekten und nichtlinearen Differentialgleichungen rechnerisch zu beschreiben sowie die Ergebnisse zu formulieren und zu analysieren.</li> </ul>						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der höheren Mathematik, insbes. Vektoranalysis</li> <li>• Kenntnisse der Experimentalphysik im Umfang der Module Physik 1 bis Physik 3 (aus B-AMP)</li> <li>• COMSOL-Simulation und / oder Python-Programmierkenntnisse</li> </ul>						

<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> 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
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie für Ingenieure und Physiker, Springer-Verlag, Kap. 1, 2, 7 (auch als E-Book)</li><li>• Peter Schmüser, Theoretische Physik für Studierende des Lehramts 2 - Elektrodynamik und Spezielle Relativitätstheorie, Kap. 1-5 (auch als E-Book)</li><li>• Wolfgang Nolting, Theoretische Physik 3, Elektrodynamik (als E-Book verfügbar), Springer-Verlag</li><li>• David J. Griffith, Elektrodynamik: eine Einführung</li></ul>

Modul 6: Vielteilchenphysik und statistische Physik							
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang		
M6	150 h	5 ECTS	WiSe	1 Semester	4 SWS		
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Manfred Kottcke, Prof. Dr. Bernd Braun						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Vielteilchenphysik und statistische Physik	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 3 SU, 1 Ü	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Molekülphysik</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Bindungsarten</li> <li>1.2. Wasserstoffmolekülon <math>H_2^{++}</math></li> <li>1.3. Wasserstoffmolekül <math>H_2</math></li> <li>1.4. Vielatommoleküle und Hybridisierung</li> <li>1.5. Rotations-Schwingungszustände</li> </ol> </li> <li><b>2. Festkörperphysik</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Modell freier Elektronen</li> <li>2.2. Elektronenbewegung in einer periodischen Struktur</li> <li>2.3. Magnetismus</li> </ol> </li> <li><b>3. Grundlagen der Statistik</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Maxwell-Boltzmann-Verteilung</li> <li>3.2. Thermisches Gleichgewicht</li> <li>3.3. Fermi-Dirac-Verteilung</li> <li>3.4. Elektronengas</li> <li>3.5. Bose-Einstein-Statistik</li> </ol> </li> <li><b>4. Simulationsverfahren in der Statistik</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Monte-Carlo-Methoden</li> <li>4.2. Das eindimensionale Ising-Modell</li> <li>4.3. Numerische Beispiele</li> </ol> </li> </ol>						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis der Grundkonzepte der Molekülphysik und die Fähigkeit, diese zu bewerten und zu strukturieren.</li> <li>• Kenntnis von Vielteilchenkonzepten in der Festkörperphysik</li> <li>• Kompetenz zur Beschreibung und Bewertung von Vielteilchensystemen mit den Mitteln der statistischen Physik</li> <li>• Fähigkeit diese Konzepte zu in Simulationen einzusetzen und weiterzuentwickeln</li> </ul>						

<b>6</b>	<p><b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Physikmodule des Bachelorstudiengangs AMP oder BTM bzw. einschlägiger vergleichbarer Bachelorstudiengänge, insbesondere in den Themengebieten Mechanik, Thermodynamik und Quantenmechanik</li> <li>• Sicherer Umgang mit der Programmiersprache MATLAB®</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Studien- / Prüfungsleistungen</b></p> <p>Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)</p>
<b>8</b>	<p><b>Modultyp / Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<b>9</b>	<p><b>Literaturhinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Haken, H. C. Wolf, „Atom- und Quantenphysik“, Springer</li> <li>• D. J. Griffiths, „Quantenmechanik“, Pearson</li> <li>• J. Pade, „Quantenmechanik zu Fuß, Band 1 und 2“, Springer Spektrum</li> <li>• H. Ibach, H. Lüth, „Festkörperphysik“, Springer-Verlag</li> <li>• S. Hunklinger, „Festkörperphysik“, Oldenbourg-Verlag</li> <li>• G. Lindström, R. Langkau, W. Scobel, „Physik kompakt 3“, Springer</li> <li>• W. Grimus, „Statistische Physik und Thermodynamik“, de Gruyter</li> </ul>

<b>Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M7	150 h	5 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Technisches Wahlpflichtfach	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> SU, Ü, S, Pr	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> Das jeweils aktuelle Angebot und die Inhalte werden kurz vor bzw. zu Semesterbeginn im Rahmen der Anmeldung zu den Technischen Wahlpflichtfächern bekannt gegeben.						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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.						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Lehrveranstaltung						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> 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.						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.						

<b>Modul 8: Projektarbeit I</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M8	300 h	10 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	8 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Projektarbeit I	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 8	<b>Präsenzzeit</b> 120 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Lehrform</b> Pro	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> 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).						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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 oder / und Anwendungsbeispiele entwickelt. Über sie wird abschließend berichtet.						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Themenstellung						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.						

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

<b>Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M10	150 h	5 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtfach	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> Pro oder SU, Ü, S, Pr	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 9</li> <li>• nur in Verbindung mit Modul 9 möglich!</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 7</li> </ul> Das Technische Wahlpflichtfach aus diesem Modul muss thematisch mit der Projektarbeit II (Modul 9) verknüpft und mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer der Projektarbeit II abgesprochen sein.						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 9</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 7</li> </ul>						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Themenstellung bei einer Projektarbeit bzw. dem gewählten Technischen Wahlpflichtfach						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 9</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modul 7</li> </ul>						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> (Wahl-)Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit bzw. des Technischen Wahlpflichtfaches gegeben.						

<b>Modul 11: Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtmodul</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M11	150 h	5 ECTS	Jedes Semester		1 - 2 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Bruno Hauer						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung/en</b> Allgemeinwissenschaftliche/s Wahlpflichtfach bzw. -fächer	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4 bzw. 2 x 2	<b>Präsenzzeit</b> 60 h bzw. 2 x 30 h	<b>Selbststudium</b> 60 h bzw. 2 x 30 h	<b>Lehrform</b> SU, Ü, S, Pr	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> 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.						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> Die Studierenden erweitern durch die allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfächer ihre Kompetenzen in einem oder mehreren der folgenden Kompetenzfelder: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlüsselkompetenzen, durch die sie ihre Persönlichkeit weiterentwickeln,</li> <li>• Fachliche Kompetenzen in Fächern außerhalb des engeren Fachgebiets des Studiengangs, durch die sie Einblicke in andere Themenfelder gewinnen und ihr Profil über das engere Fachgebiet hinaus entsprechend ihrer persönlichen Neigung ausbilden,</li> <li>• Orientierungskompetenzen, durch die sie interdisziplinäre Zusammenhänge erkennen und die eigenen Kenntnisse und Erfahrungen in einen größeren Zusammenhang stellen.</li> </ul> Die konkreten Lernziele der wählbaren Fächer sind den jeweiligen Fachbeschreibungen zu entnehmen.						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> 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.						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Die Prüfungsleistungen der einzelnen wählbaren Fächer sind den jeweiligen Fachbeschreibungen zu entnehmen.						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Die Literaturhinweise sind den Fachbeschreibungen der einzelnen Fächer zu entnehmen.						

<b>Modul 12: Masterarbeit</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M12	900 h	30 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	2 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Bernd Braun						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b>		<b>Semester</b>	<b>SWS</b>	<b>Präsenzzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Lehrform</b>
	Masterarbeit		3	-	-	840 h	-
	Masterseminar		3	2	30 h	30 h	2 S
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten u. Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg (Erstbegutachtung)						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> 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.						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Analyse und Lösungsfindung</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung wissenschaftlich fundierter Methoden</li> <li>• Fähigkeit zur vertieften Durchführung von Recherchen</li> <li>• Fähigkeit zur Auswahl und Anwendung passender Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden</li> <li>• Fähigkeit zur Wissensvertiefung</li> <li>• Erkennen der Tragweite der wissenschaftlichen bzw. beruflichen Tätigkeit</li> <li>• Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Arbeitsergebnissen</li> <li>• Förderung sozialer Kompetenzen (z.B. Kommunikation, Teamarbeit)</li> </ul>						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> 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.						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> 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.						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Fachliteratur / Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum jeweiligen Masterarbeitsthema						

<b>Maschinelles Lernen</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)						
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang	
-	150 h	5 ECTS	WiSe	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Elke Wilczok					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Maschinelles Lernen	<b>Semester</b> 1 oder 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 3 SU, 1 Ü
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Maschinellen Lernens (ML): typische Aufgabenstellungen, Probleme und Grenzen, Kategorisierung der Verfahren</li> <li>• Elementare Verfahren des ML: Perzeptron, k-Nearest-Neighbours, lineare Regression, k-Means, PCA</li> <li>• Fortgeschrittene Verfahren des ML: Entscheidungsbäume, logistische Regression, Support-Vektor-Maschinen, Hidden-Markov-Modelle</li> <li>• 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</li> <li>• Grundlagen der Schätztheorie: Maximum Likelihood- und Bayes-Schätzer</li> <li>• Bewertung von Klassifikationsverfahren: Kreuzvalidierung, Bootstrapping, ROC-Kurven, Tests</li> <li>• Graphische Modelle: Bayes- und Markov-Netze, Energie-basierte Ansätze</li> <li>• Sampling: Importance-, Rejection-, Metropolis-Hastings- und Gibbs-Sampling</li> <li>• Regularisierung (diverse Strategien zur Vermeidung von Überadaption)</li> <li>• ML-Software-Bibliotheken (Python, Matlab)</li> </ul>					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b>					

	<p>Teilnehmer dieses Kurses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die wichtigsten Begriffe aus dem Umfeld des ML</li> <li>• verstehen die Funktionsweise der wichtigsten Algorithmen des ML</li> <li>• kennen ihre Zusammenhänge und den jeweiligen mathematischen Hintergrund</li> <li>• sind sich typischer Probleme, Risiken und Fehlerquellen bewusst</li> <li>• wählen für gegebene Aufgabe die passenden ML-Algorithmen</li> <li>• lösen ML-Probleme unter Verwendung von Software-Bibliotheken</li> </ul>
<b>6</b>	<p><b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Algebra</li> <li>• Analysis 1+2, Angewandte Analysis</li> <li>• Stochastik</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Mündliche Prüfung über 30 Minuten</p>
<b>8</b>	<p><b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<b>9</b>	<p><b>Literaturhinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Alpaydin, Maschinelles Lernen</li> <li>• Ch. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning</li> <li>• R. Duda, P. Hart, D. Stork, Pattern Classification</li> <li>• I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep Learning</li> <li>• N. Ketkar, Deep Learning with Python</li> <li>• K. Murphy, Machine Learning</li> <li>• S. Pattanayak, Pro Deep Learning with TensorFlow</li> </ul>

<b>Atom- und Quantenphysik II</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)						
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang	
	150 h	5 ECTS	SoSe (2-jährig)	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Bernd Braun					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Atom- und Quantenphysik II	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 3 SU, 1 Ü
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Darstellungsarten der Quantenmechanik               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Wellenmechanik im Ortsraum</li> <li>1.2. Matrizenmechanik</li> <li>1.3. Wellenmechanik im Impulsraum</li> <li>1.4. Dirac-Notation</li> </ol> </li> <li>2. Ehrenfestsches Theorem</li> <li>3. Addition von Drehimpulsen               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Addition von zwei Spins mit <math>s = 1/2</math></li> <li>3.2. Addition von Bahndrehimpuls und Spin</li> <li>3.3. Allgemeine Addition von zwei Drehimpulsen</li> </ol> </li> <li>4. Zeitunabhängige Störungsrechnung               <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Formalismus für nicht entartete Energieniveaus</li> <li>4.2. Stark-Effekt; Störungstheorie mit Entartung</li> <li>4.3. Zeeman-Effekt</li> </ol> </li> <li>5. Heliumatom</li> <li>6. Zeitabhängige Störungsrechnung               <ol style="list-style-type: none"> <li>6.1. Formalismus für zeitabhängige Störungen</li> <li>6.2. Strahlungsübergänge</li> <li>6.3. Fermis goldene Regel</li> <li>6.4. Kernspintomographie</li> </ol> </li> <li>7. Dichteoperator</li> <li>8. Verschränkte Zustände</li> </ol>					

<b>5</b>	<p><b>Lernziele / Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen fortgeschrittene Prinzipien der Quantenphysik</li> <li>• Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, praktische quantenmechanische Berechnungen auszuführen.</li> <li>• Die Studierenden verstehen moderne quantenphysikalische Technologien</li> </ul>
<b>6</b>	<p><b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundvorlesung in Quantenmechanik</li> <li>• Erfahrung im Umgang mit Python</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Studien- / Prüfungsleistungen</b></p> <p>Mündliche Prüfung über 30 Minuten oder mehrere schriftliche Hausaufgaben (drei bis fünf) im Verlauf des Semesters</p>
<b>8</b>	<p><b>Modultyp / Verwendbarkeit</b></p> <p>Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<b>9</b>	<p><b>Literaturhinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F. Kuypers, „Quantentheorie“, Wiley VCH</li> <li>• D. J. Griffiths, „Quantenmechanik“, Pearson</li> <li>• J. Pade, „Quantenmechanik zu Fuß, Band 1 und 2“, Springer Spektrum</li> <li>• G. Münster, „Quantentheorie“, De Gruyter</li> <li>• S. Gasiorowicz, „Quantenphysik“, Oldenbourg Verlag</li> </ul>

## **Modulhandbuch (THWS)**

Nachfolgend findet sich eine 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 Sommersemesters 2024 in Kraft.

<b>Approximationsmethoden für reelle Funktionen (Themengebiet Numerische und Algorithm. Mathematik)</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Module 1 bis 3: Ausgewählte Themen der Mathematik)						
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang	
-	150 h	5 ECTS	SoSe	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Kai Diethelm					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Approximationsmethoden für reelle Funktionen	<b>Semester</b> 1 oder 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60h	<b>Selbststudium</b> 90h	<b>Lehrform</b> 4 SU / Ü
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt Lehrveranstaltungsort: Schweinfurt; zusätzlich Live-Übertragung via Zoom					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine analytische und algebraische Grundlagen und Hintergründe numerischer Verfahren</li> <li>für praktische Anwendungen wesentliche konkrete Algorithmen und ihre Eigenschaften</li> <li>Fehler- und Stabilitätsanalyse der Algorithmen</li> <li>Implementierung der Algorithmen unter Berücksichtigung numerischer und softwaretechnischer Aspekte</li> <li>Praktische Übungen mit MATLAB oder Octave</li> </ul>					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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.					
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnisse der höheren Mathematik im Umfang der Vorlesungen Analysis 1+2, Lineare Algebra und Angewandte Analysis</li> <li>Kenntnisse der höheren Mathematik im Umfang der in einem mathematischen Bachelorstudengang üblichen Grundvorlesungen Analysis I und II, Lineare Algebra I und II sowie Numerik</li> <li>Grundkenntnisse im Umgang mit einer gängigen mathematischen Programmiersprache wie z. B. MATLAB</li> </ul>					
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Mündliche Prüfung über ca. 30 Minuten (Modulprüfung)					
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.					

<b>Modul 4.2: Halbleiterphysik</b>						
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M4.2	150 h	5 ECTS	SoSe	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Jochen Seufert					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung/en</b> Halbleiterphysik	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 4 SU
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt Lehrveranstaltungsart: Schweinfurt					
<b>4</b>	<p><b>Inhalte</b></p> <p>Das Modul Halbleiterphysik 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.</p> <p>Dabei liegt der Fokus neben der detaillierten Berechnung und Simulation der elektronischen Eigenschaften grundlegender Halbleiterbauelemente auch auf einer anwendungsnahen Einführung in die Halbleiter-Planartechnologie.</p> <p>Lehrinhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzwiederholung: Einführung in die Quantenphysik Schrödingergleichung, Wellenfunktion, Elektron im Potentialtopf</li> <li>• Grundlagen des Aufbaus von Festkörpern Bindungsarten, Kristallgitter, Kristallstrukturanalyse, reziprokes Gitter</li> <li>• Ladungsträger in intrinsischen Halbleitern Stromleitung in Halbleitern, Bändermodell, Kronig-Penney-Modell, Fermi-Verteilung, Zustands- und Ladungsträgerdichte, Stromleitung in Halbleitern</li> <li>• Dotierte Halbleiter pn-Übergang, Poissongleichung und Potentialverlauf in der Sperrschicht, Diffusionsspannung, Simulation eines pn-Übergangs mit COMSOL®</li> <li>• Halbleitereffekte und Halbleiterbauteile Magnetotransport, Hall-Effekt, Diode, Transistor, Halbleiterlaser</li> <li>• Halbleitertechnologie Kristallzüchtung, Schichtabscheidung, Lithographie, Ätzverfahren</li> </ul>					

<p><b>5</b></p>	<p><b>Lernziele / Kompetenzen</b></p> <p>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.</p> <p>Außerdem kennen die Studierenden nach erfolgreichem Abschluss des Moduls die aktuellen Fertigungstechnologien der modernen industriellen Halbleiterprozessierung und können diese erklären und darüber berichten.</p>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Physikmodule des Bachelorstudiengangs AMP oder BTM/BAMD bzw. einschlägiger vergleichbarer Bachelorstudiengänge, insbesondere in den Themengebieten Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik</li> <li>• Grundkenntnisse im Umgang mit der Simulationssoftware COMSOL®</li> <li>• Ausgeprägte Erfahrung in der Programmiersprache MATLAB®</li> </ul>
<p><b>7</b></p>	<p><b>Studien- / Prüfungsleistungen</b></p> <p>Schriftliche Prüfung über 90 Minuten (Modulprüfung)</p>
<p><b>8</b></p>	<p><b>Modultyp / Verwendbarkeit</b></p> <p>Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<p><b>9</b></p>	<p><b>Literaturhinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rolf Sauer, Halbleiterphysik, De Gruyter Oldenbourg-Verlag, 2009, ISBN 978-3-486-58863-7</li> <li>• Frank Thuselt, Physik der Halbleiterbauelemente, Springer-Verlag, 2011, ISBN 978-3-642-20032-8</li> <li>• Charles Kittel, Festkörperphysik, De Gruyter Oldenbourg-Verlag, 2013, ISBN 978-3-486-59755-4</li> <li>• Ellen Ivers-Tiffée, Werkstoffe der Elektrotechnik, Springer-Verlag, 2006, ISBN: 978-3-322-96802-9</li> <li>• Ulrich Stein, Programmieren mit MATLAB, Hanser-Verlag, 2017, ISBN: 978-3-446-41009-1</li> </ul>

<b>Modul 7: Technisches Wahlpflichtmodul I</b>						
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M7	150 h	5 ECTS	Jedes Semester	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Technisches Wahlpflichtfach	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> SU, Ü, S, Pr
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> Das jeweils aktuelle Angebot und die Inhalte werden kurz vor bzw. zu Semesterbeginn im Rahmen der Anmeldung zu den Technischen Wahlpflichtfächern bekannt gegeben.					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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.					
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Lehrveranstaltung					
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> 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.					
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung gegeben.					

<b>Modul 8: Projektarbeit I</b>						
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>
M8	300 h	10 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	8 SWS
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Projektarbeit I	<b>Semester</b> 1	<b>SWS</b> 8	<b>Präsenzzeit</b> 120 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Lehrform</b> Pro
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <p>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“.</p> <p>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 oder / und Anwendungsbeispiele entwickelt. Über sie wird abschließend berichtet.</p>					
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Themenstellung					
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> Bei der Bewertung der Prüfungsleistung wird neben dem Projektergebnis auch die schriftliche Ausarbeitung sowie die Präsentation berücksichtigt.					
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit gegeben.					

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

<b>Modul 10: Projektarbeit III oder Technisches Wahlpflichtmodul II</b>						
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M10	150 h	5 ECTS	Jedes Semester	1 Semester	4 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Christian Scherr, Prof. Dr. Bernd Braun					
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Projektarbeit III <u>oder</u> Technisches Wahlpflichtfach	<b>Semester</b> 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> Pro <u>oder</u> SU, Ü, S, Pr
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten und Dozentinnen der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt					
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 9</li> <li>nur in Verbindung mit Modul 9 möglich!</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 7</li> </ul> Das Technische Wahlpflichtfach aus diesem Modul muss thematisch mit der Projektarbeit II (Modul 9) verknüpft und mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer der Projektarbeit II abgesprochen sein.					
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 9</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 7</li> </ul>					
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> Abhängig von der jeweiligen Themenstellung bei einer Projektarbeit bzw. dem gewählten Technischen Wahlpflichtfach					
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> <u>Projektarbeit III</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 9</li> </ul> <u>Technisches Wahlpflichtmodul II</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Modul 7</li> </ul>					
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> (Wahl-)Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik					
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Literaturempfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen Projektarbeit bzw. des Technischen Wahlpflichtfaches gegeben.					

<b>Modul 12: Masterarbeit</b>							
<b>Kürzel</b>	<b>Workload</b>	<b>Credits</b>	<b>Häufigkeit</b>		<b>Moduldauer</b>	<b>Umfang</b>	
M12	900 h	30 ECTS	Jedes Semester		1 Semester	2 SWS	
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Bernd Braun						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b>		<b>Semester</b>	<b>SWS</b>	<b>Präsenzzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Lehrform</b>
	Masterarbeit		3	-	-	840 h	-
	Masterseminar		3	2	30 h	30 h	2 S
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozenten u. Dozentinnen der Technischen Hochschule Nürnberg (Erstbegutachtung)						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> 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.						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> 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): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Analyse und Lösungsfindung</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung wissenschaftlich fundierter Methoden</li> <li>• Fähigkeit zur vertieften Durchführung von Recherchen</li> <li>• Fähigkeit zur Auswahl und Anwendung passender Analyse-, Modellierungs-, Simulations- und Optimierungsmethoden</li> <li>• Fähigkeit zur Wissensvertiefung</li> <li>• Erkennen der Tragweite der wissenschaftlichen bzw. beruflichen Tätigkeit</li> <li>• Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Arbeitsergebnissen</li> <li>• Förderung sozialer Kompetenzen (z.B. Kommunikation, Teamarbeit)</li> </ul>						
<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> 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.						
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> 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.						
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik						
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> Fachliteratur / Wissenschaftliche Veröffentlichungen zum jeweiligen Masterarbeitsthema						

<b>Parallel Programming</b> (Lehrveranstaltung im Rahmen der Technischen Wahlpflichtmodule)							
Kürzel	Workload	Credits	Häufigkeit	Moduldauer	Umfang		
-	150 h	5 ECTS	SoSe	1 Semester	4 SWS		
<b>1</b>	<b>Modulverantwortlichkeit</b> Prof. Dr. Kai Diethelm						
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltung</b> Parallel Programming	<b>Semester</b> 1 oder 2	<b>SWS</b> 4	<b>Präsenzzeit</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Lehrform</b> 4 SU / Pr	
<b>3</b>	<b>Dozent / Dozentin</b> Dozent / Dozentin der Fakultät Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt Lehrveranstaltungsart: Schweinfurt oder Würzburg; zusätzlich Live-Übertragung via Zoom						
<b>4</b>	<b>Inhalte</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hardwarekonzepte für das Parallele Rechnen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multicore-Prozessoren</li> <li>- Shared-Memory-Systeme</li> <li>- Distributed-Memory-Systeme</li> <li>- GPU-Computing</li> <li>- Caches und Speicherhierarchien</li> </ul> </li> <li>2. Thread basierte Parallelisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundprinzipien</li> <li>- OpenMP</li> <li>- CUDA</li> </ul> </li> <li>3. Message-Passing-Parallelisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation</li> <li>- MPI</li> </ul> </li> <li>4. Performanceanalyse und -optimierung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flaschenhalse und andere typische Herausforderungen</li> <li>- Profiling</li> <li>- Event Tracing</li> <li>- Performanceanalysewerkzeuge</li> </ul> </li> </ol>						
<b>5</b>	<b>Lernziele / Kompetenzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verstehen, unter welchen Bedingungen die Parallelisierung von Software zur Verbesserung der Leistung beitragen kann.</li> <li>• Die Studierenden verstehen die Unterschiede zwischen den aktuellen Hardware-Architekturkonzepten und die Konsequenzen, die sich aus diesen Unterschieden für die Software ergeben.</li> <li>• Die Studierenden wissen, wie man parallele Programme auf SMP- und DMP-Systemen sowie GPUs schreibt.</li> <li>• 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.</li> </ul>						

<b>6</b>	<b>Voraussetzungen / Vorkenntnisse</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Programmierkenntnisse in C, C++ oder FORTRAN sind zwingend notwendig.</li><li>• Erfahrungen im Umgang mit Linux-Rechnern – insbesondere im Hinblick auf die Nutzung einer Shell – sind hilfreich.</li><li>• Das Modul wird ausschließlich in englischer Sprache angeboten. Daher sind entsprechende Sprachkenntnisse unbedingt erforderlich.</li></ul>
<b>7</b>	<b>Studien- / Prüfungsleistungen</b> <p>Sonstige Prüfung: Portfolioprüfung</p>
<b>8</b>	<b>Modultyp / Verwendbarkeit</b> <p>Pflichtmodul im Masterstudiengang Angewandte Mathematik und Physik</p>
<b>9</b>	<b>Literaturhinweise</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Thomas Rauber, Gudula Rünger: Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems, 2nd ed. Springer, Heidelberg, 2013</li><li>• Timothy G. Mattson, Yun (Helen) He, Alice E. Koniges: The OpenMP Common Core. MIT Press, Cambridge, 2019</li><li>• David Kirk, Wen-mei W. Hwu: Programming Massively Parallel Processors – A Hands-on Approach, 3rd ed. Morgan Kaufmann, Waltham, 2016</li><li>• William Gropp, Ewing Lusk, Anthony Skjellum: Using MPI, 3rd ed. MIT Press, Cambridge, 2014</li></ul>